

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant: Toshiharu ITO
Title: MODULE FOR AMPLIFYING SIGNAL LIGHT WITH REMOTE
EXCITATION-LIGHT AND OPTICAL-FIBER COMMUNICATION
SYSTEM INCLUDING THE SAME
Appl. No.: Unassigned
Filing Date: 03/19/2004
Examiner: Unassigned
Art Unit: Unassigned

CLAIM FOR CONVENTION PRIORITY

Commissioner for Patents
PO Box 1450
Alexandria, Virginia 22313-1450

Sir:

The benefit of the filing date of the following prior foreign application filed in the following foreign country is hereby requested, and the right of priority provided in 35 U.S.C. § 119 is hereby claimed.

In support of this claim, filed herewith is a certified copy of said original foreign application:

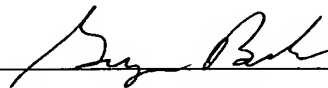
Japanese Patent Application No. 2003-075870
filed 03/19/2004.

Respectfully submitted,

Date: March 19, 2004

FOLEY & LARDNER LLP
Customer Number: 22428
Telephone: (202) 672-5407
Facsimile: (202) 672-5399

By



RN 38072

David A. Blumenthal
Attorney for Applicant
Registration No. 26,257

US
Ays

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2 0 0 3 年 3 月 1 9 日

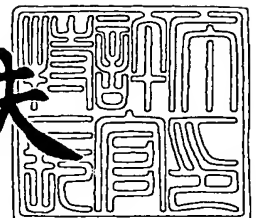
出 願 番 号
Application Number: 特 願 2 0 0 3 - 0 7 5 8 7 0
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 0 7 5 8 7 0]

出 願 人
Applicant(s): 日 本 電 気 株 式 有 限 公 司

2 0 0 4 年 2 月 3 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 4 - 3 0 0 5 5 5 9

【書類名】 特許願
【整理番号】 33509984
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 H04B 10/17
H01S 3/067
H01S 3/10

【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号
本電気株式会社内

日

【氏名】 伊東 俊治

【特許出願人】

【識別番号】 000004237
【氏名又は名称】 日本電気株式会社

【代理人】

【識別番号】 100109313
【弁理士】
【氏名又は名称】 机 昌彦
【電話番号】 03-3454-1111

【選任した代理人】

【識別番号】 100085268
【弁理士】
【氏名又は名称】 河合 信明
【電話番号】 03-3454-1111

【選任した代理人】

【識別番号】 100111637
【弁理士】
【氏名又は名称】 谷澤 靖久
【電話番号】 03-3454-1111

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 191928

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0213988

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 遠隔励起光増幅モジュール並びにこれを使用した光ファイバ通信伝送路及び光ファイバ通信システム

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 入出力の光路が同一である第 1 の光入出力部と、
同じく入出力の光路が同一である第 2 の光入出力部と、
前記第 1 または第 2 の入出力部から入力される励起光によって信号光を増幅する光増幅部と、
信号光が前記光増幅部を迂回するための信号光バイパス回路部と、
前記第 1 の光入出力部の光路と前記光増幅部の光路の一方の端とを光学的に接続し、前記第 1 の光入出力部の光路と前記信号光バイパス回路部の光路の一方の端とを光学的に接続する第 1 の光接続部と、
前記第 2 の光入出力部の光路と前記光増幅部の光路の他方の端とを光学的に接続し、前記第 2 の光入出力部の光路と前記信号光バイパス回路部の光路の他方の端とを光学的に接続する第 2 の光接続部、
を備えることを特徴とする遠隔励起光増幅モジュール。

【請求項 2】 前記第 1 及び第 2 の光接続部は、第 1 のポートから入力される信号光は第 2 のポートに出力し、第 3 のポートから入力される信号光は前記第 1 のポートに出力するが、前記第 2 のポートから入力される信号光はいずれのポートにも出力しない 3 ポートを有するそれぞれ第 1 及び第 2 の光サーキュレータであって、

前記第 1 の光サーキュレータの、前記第 1 のポートは前記第 1 の光入出力部に接続され、前記第 2 のポートは前記光増幅部に接続され、前記第 3 のポートは前記信号光バイパス回路部に接続され、

前記第 2 の光サーキュレータの、前記第 1 のポートは前記第 2 の光入出力部に接続され、前記第 2 のポートは前記信号光バイパス回路部に接続され、前記第 3 のポートは、前記光増幅部に接続される、

ことを特徴とする請求項 1 に記載の遠隔励起光増幅モジュール。

【請求項 3】 前記第 1 及び第 2 の光接続部は、第 1 のポートが第 1 の波長

帯の信号光と第2の波長帯の信号光とを合波した信号光を入出力するポートであり、第2のポートが前記第1の波長帯の信号光を入出力するポートであり、第3のポートが前記第2の波長帯の信号光を入出力するポートであるそれぞれ第1及び第2の合分波フィルタであって、

前記第1の合分波フィルタの、前記第1のポートは前記第1の光入出力部に接続され、前記第2のポートは前記光増幅部に接続され、前記第3のポートは前記信号光バイパス回路部に接続され、

前記第2の合分波フィルタの、前記第1のポートは前記第1の光入出力部に接続され、前記第2のポートは前記光増幅部に接続され、前記第3のポートは前記信号光バイパス回路部に接続される、

ことを特徴とする請求項1に記載の遠隔励起光増幅モジュール。

【請求項4】 前記第1及び第2の光接続部は、第1のポートが第1の波長帯の信号光と第2の波長帯の信号光とを合波した信号光を入出力するポートであり、第2のポートが前記第1の波長帯の信号光を入出力するポートであり、第3のポートが前記第2の波長帯の信号光を入出力するポートであるそれぞれ第1及び第2の合分波フィルタであって、

前記第1の合分波フィルタの、前記第1のポートは前記第1の光入出力部に接続され、前記第2のポートは前記信号光バイパス回路部に接続接続され、前記第3のポートは前記光増幅部にされ、

前記第2の合分波フィルタの、前記第1のポートは前記第1の光入出力部に接続され、前記第2のポートは前記信号光バイパス回路部に接続され、前記第3のポートは前記光増幅部にされる、

ことを特徴とする請求項1に記載の遠隔励起光増幅モジュール。

【請求項5】 前記請求項2に記載の遠隔励起光増幅モジュールであって、前記第1の光サーキュレータの、前記第1のポートは前記第1の光入出力部に接続され、前記第2のポートは前記請求項3に記載の前記遠隔励起光増幅モジュールの前記第1の光入出力部に接続され、

前記第2の光サーキュレータの、前記第1のポートは前記第2の光入出力部に接続され、前記第2のポートは前記請求項3に記載の前記遠隔励起光増幅モジュール

ルの前記第 1 の光入出力部に接続される、
ことを特徴とする遠隔励起光増幅モジュール。

【請求項 6】 前記請求項 2 に記載の遠隔励起光増幅モジュールであって、
前記第 1 の光サーキュレータの、前記第 1 のポートは前記第 1 の光入出力部に接続され、前記第 2 のポートは前記請求項 4 に記載の前記遠隔励起光増幅モジュールの前記第 1 の光入出力部に接続され、
前記第 2 の光サーキュレータの、前記第 1 のポートは前記第 2 の光入出力部に接続され、前記第 2 のポートは前記請求項 4 に記載の前記遠隔励起光増幅モジュールの前記第 1 の光入出力部に接続される、
ことを特徴とする遠隔励起光増幅モジュール。

【請求項 7】 前記請求項 2 に記載の遠隔励起光増幅モジュールであって、
前記第 1 の光サーキュレータの、前記第 1 のポートは前記第 1 の光入出力部に接続され、前記第 2 のポートは前記請求項 3 に記載の前記遠隔励起光増幅モジュールの前記第 1 の光入出力部に接続され、
前記第 2 の光サーキュレータの、前記第 1 のポートは前記第 2 の光入出力部に接続され、前記第 2 のポートは前記請求項 4 に記載の前記遠隔励起光増幅モジュールの前記第 1 の光入出力部に接続される、
ことを特徴とする遠隔励起光増幅モジュール。

【請求項 8】 前記請求項 2 に記載の遠隔励起光増幅モジュールであって、
前記信号光バイパス回路部も前記光増幅部と同一の構成である、
ことを特徴とする遠隔励起光増幅モジュール。

【請求項 9】 前記第 1 及び第 2 の光接続部と前記信号光バイパス回路部は、
4 ポートの光サーキュレータで一体構成され、
前記 4 ポートの光サーキュレータは、第 1 のポートから入力される信号光を第 2 のポートに出力し、第 3 のポートから入力される信号光を第 4 のポートに出力し、
前記第 4 のポートから入力される信号光を前記第 1 のポートに出力するが、前記第 2 のポートから入力される信号光はいずれのポートにも出力せず、
前記 4 ポートの光サーキュレータの、前記第 1 のポートは前記第 1 の光入出力部に接続され、前記第 2 のポートは前記光増幅部の光路の一方の端に接続され、前

記第 3 のポートは前記光増幅部の光路の他方の端に接続され、前記第 4 のポートは前記第 2 の光入出力部に接続される、

ことを特徴とする請求項 1 に記載の遠隔励起光増幅モジュール。

【請求項 10】 前記光増幅部の光増幅媒体は、希土類添加光ファイバである、

ことを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれかに記載の遠隔励起光増幅モジュール。

【請求項 11】 前記光増幅部への光励起は、前方励起または後方励起のいずれかである、

ことを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれかに記載の遠隔励起光増幅モジュール。

【請求項 12】 前記光増幅部は、さらに少なくとも 1 つの光アイソレータと、分散補償デバイスとを備える、

ことを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれかに記載の遠隔励起光増幅モジュール。

【請求項 13】 2 つの地点 X、Y を結ぶ光ファイバ通信用伝送路であって、
前記伝送路上の 1 地点に前記請求項 2 乃至 12 のいずれかに記載の遠隔励起光増幅デバイスを配置し、

前記地点 X と前記第 1 の光入出力部及び前記地点 Y と前記第 2 の光入出力部がそれぞれ伝送路光ファイバにより接続されている、

ことを特徴とする光ファイバ通信用伝送路。

【請求項 14】 2 つの地点 X、Y を結ぶ光ファイバ通信用伝送路であって、
前記請求項 2、5、6 及び 10 乃至 12 のいずれかに記載の遠隔励起光増幅モジュールを第 1 の遠隔励起光増幅モジュールとし、

前記第 1 の遠隔励起光増幅モジュールを前記伝送路上の地点 A に配置し、

前記第 1 の遠隔励起光増幅モジュールと同一の構成の第 2 の遠隔励起光増幅モジュールを前記伝送路上の前記地点 A とは異なる他の地点 B に配置し、

前記第 1 の遠隔励起光増幅モジュールの前記第 1 の光入出力部は、前記第 2 の遠隔励起光増幅モジュールの前記第 1 の入出力ファイバと伝送路光ファイバにより接続され、

前記第 1 の遠隔励起光増幅モジュールの前記第 2 の光入出力部は地点 X と伝送路ファイバにより接続され、

前記第 2 の遠隔励起光増幅モジュールの前記第 2 の光入出力部は前記地点 Y と伝送路ファイバにより接続されている、

ことを特徴とする光ファイバ通信用伝送路。

【請求項 1 5】 2 つの地点 X, Y を結ぶ光ファイバ通信用伝送路であって、

前記請求項 3 または 6 及び 1 0 乃至 1 2 のいずれかに記載の遠隔励起光増幅モジュールを第 1 の遠隔励起光増幅モジュールとし、前記請求項 4 または 6 及び 1 0 乃至 1 2 のいずれかに記載の遠隔励起光増幅モジュールを第 2 の遠隔励起光増幅モジュールとしたとき、

前記伝送路上の地点 A に前記第 1 の遠隔励起光増幅モジュールを配置し、

前記伝送路上の前記地点 A とは異なる他の地点 B に前記第 2 の遠隔励起光増幅モジュールを配置し、

前記第 1 の遠隔励起光増幅モジュールの前記第 1 の光入出力部は、前記第 2 の遠隔励起光増幅モジュールの前記第 1 の光入出力部と伝送路光ファイバにより接続され、

前記第 1 の遠隔励起光増幅モジュールの前記第 2 の光入出力部は前記地点 X と伝送路光ファイバにより接続され、

前記第 2 の遠隔励起光増幅モジュールの前記第 2 の光入出力部は、前記地点 Y と伝送路光ファイバにより接続されている、

ことを特徴とする光ファイバ通信用伝送路。

【請求項 1 6】 遠隔励起光増幅モジュールとして前記請求項 1 2 に記載の遠隔励起光増幅モジュールを使用した前記請求項 1 3 に記載の光ファイバ通信用伝送路であって、

前記遠隔励起光増幅モジュールを除いた X - Y 間を結ぶ前記伝送路光ファイバ内

で信号光に蓄積される波長分散と実用上 10%程度の誤差は許容してほぼ等しいという第 1 の制限要因、

または、

前記遠隔励起光増幅モジュールの利得以下の光損失を有する分散補償デバイスによる補償可能量という第 2 の制限要因、

の 2 つの制限要因のうち小さな値となる方に前記分散補償デバイスが有する分散補償量が調整されている、

ことを特徴とする光ファイバ通信用伝送路。

【請求項 17】 遠隔励起光増幅モジュールとして前記請求項 12 に記載の遠隔励起光増幅モジュールを使用した前記請求項 14 記載の光ファイバ通信用伝送路であって、

前記遠隔励起光増幅モジュールを除いた X-Y 間を結ぶ前記伝送路光ファイバ内で信号光に蓄積される波長分散と実用上 10%程度の誤差は許容してほぼ等しいという第 1 の制限要因、

または、

前記遠隔励起光増幅モジュールの利得以下の光損失を有する分散補償デバイスによる補償可能量という第 2 の制限要因、

の 2 つの制限要因のうち小さな値となる方に前記分散補償デバイスが有する分散補償量が調整されている、

ことを特徴とする光ファイバ通信用伝送路。

【請求項 18】 遠隔励起光増幅モジュールとして前記請求項 12 に記載の前記遠隔励起光増幅モジュールを使用した前記請求項 15 記載の光ファイバ通信用伝送路であって、

前記遠隔励起光増幅モジュールを除いた X-Y 間を結ぶ前記伝送路光ファイバ内で信号光に蓄積される波長分散と実用上 10%程度の誤差は許容してほぼ等しいという第 1 の制限要因、

または、

前記遠隔励起光増幅モジュールの利得以下の光損失を有する分散補償デバイスによる補償可能量という第 2 の制限要因、

の2つの制限要因のうち小さな値となる方に前記分散補償デバイスが有する分散補償量が調整されている、

ことを特徴とする光ファイバ通信用伝送路。

【請求項19】 伝送路として、前記請求項13乃至18のいずれかに記載の光ファイバ通信用伝送路を使用している、

ことを特徴とする光ファイバ通信システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、遠隔励起光増幅技術用の遠隔励起光増幅モジュール並びに遠隔励起光増幅技術を用いた光ファイバ通信用伝送路及び光ファイバ通信システムに関する。

【0002】

【従来の技術】

伝送距離が数百km以上の長距離光伝送システム用の伝送路は、伝送路光ファイバと、光ファイバ内にて信号光が受ける減衰を補償する中継光増幅器により構成されている。光増幅器において信号光は、増幅されるとともに必ず雑音光が付加され、光SNR（SNR: Signal Noise Ratio、信号対雑音比）が劣化する。この光SNRの劣化は受信後の符号誤りを生じさせる原因となる。

光SNRの劣化量は光増幅器への信号光の入力強度と増幅方式に依存する。中継器やそれを設置する中継局舎の数は、装置価格や運用コストを大きく左右する。従って中継器数は極力少なく、つまり中継器間隔はより長くあることが望まれるが、前述の通り単なる中継器間隔の拡大は増幅器への入力光の強度低減、つまり光SNR劣化量の増大を招くので、中継器間隔は伝送後に必要とされる光SNRを元に設計が行われている。

【0003】

光伝送システムに関わるコスト低減のためには、やはり中継器間隔の拡大が鍵となる。中継器間隔を延長させるための技術的アプローチは多数ある。

この中で、光 S N R の劣化量を低減するという技術的アプローチにおいて有効な方式として、伝送路ファイバ中での分布ラマン増幅の使用が積極的に検討されている。この方式は伝送路光ファイバ中でのラマン散乱現象を積極的に利用したものである。分布ラマン増幅方式の長所の一つは、信号光と励起光を合波するフィルタを中継局舎内で取り付けるという単純な作業だけで、既設の伝送路ファイバに対して特に手を加えることなく、利用可能な点である。つまり伝送路光ファイバが有する向きや波長方向などに関する透明性は維持されている、という点である。

【0004】

光 S N R の劣化量を低減するというアプローチとしてラマン増幅より更に大きな効果を発揮するのが、遠隔励起光増幅技術である。これは、最も代表的な希土類添加光ファイバ増幅器である E D F A (E r b i u m D o p e d F i b e r A m p l i f i e r) で使用される希土類添加ファイバを伝送路中に配置し、励起光は遠隔地である中継局舎等から伝送路ファイバを通じて送り込む、というものである。

遠隔励起光増幅技術は、増幅器間隔という意味では距離を延長する技術ではない。しかし伝送路中に配置される遠隔励起光増幅モジュールは、E D F をはじめとして使用されるデバイスが全てパッシブな部品（電気エネルギーの供給を必要としない）であるため、それを配置するための局舎（電気エネルギーの供給や何らかの制御・管理を行う）を必要としない。従って運用コスト的に最も重要となる中継局舎の間隔の拡大を実現する技術と言える。

遠隔励起光増幅技術は、とくに中継光増幅器への電力の供給が困難、または大幅なコストアップにつながるような適用領域、例えば比較的近距離（数百 k m 程度）の海底光伝送システムに使用されている。

【0005】

具体的な図を用いて遠隔励起光増幅技術を用いた光伝送システムの説明を行う。図 18 に最近の遠隔励起光増幅技術を使用した伝送システムの構成を示す（例えば、非特許文献 1 参照）。

局舎－1 から出力された信号光は伝送路ファイバ 1 を通過し、遠隔励起光増幅モ

ジュールへ入力する。遠隔励起光増幅モジュールは、信号光の増幅を行う希土類添加ファイバと、2つの信号光／励起光合分波フィルタにより構成される励起光バイパス回路と、雑音光の希土類添加ファイバへの入力を阻止するアイソレータとにより構成されている。希土類添加ファイバを励起する励起光は、局舎－2内の励起光源から伝送路ファイバ2を經由して送られる。遠隔励起光増幅モジュール内のアイソレータが阻止する雑音光の成分は、信号光の伝送路ファイバ2内での反射成分と、伝送路ファイバ2内で励起光が起こすラマン散乱現象により生じる光である。

【0 0 0 6】

遠隔励起光増幅技術は、陸上伝送システムにおいても中継局舎間隔の延長、それにとまなう導入・運用コスト低減を実現する有力技術である。ただし導入には多々問題がある。問題の一部は、遠隔励起光増幅技術の導入、つまり遠隔励起光増幅モジュールの伝送路ファイバへの挿入が、光ファイバ伝送路が有する透明性を失わせることに起因している。

まず挙げられる第1の問題は、現状の遠隔励起光増幅技術は方向性を持つこと、つまり方向性に関する透明性を失うことによるものである。具体的には、逆方向のシステムを導入することが難しくなることである。透明性を阻んでいるのは、図18の遠隔励起光増幅モジュール内のアイソレータの存在である。

この問題の影響は例えば、大都市－小都市間のように通信容量が非対称になりやすい伝送路では、将来の需要を予想してあらかじめ上り回線用伝送路と下り回線用伝送路の本数・割合を決定する必要がある、ということに現れる。

第2の問題は、遠隔励起光増幅器として動作する方向であっても、伝送路の透明性は励起光あつてはじめて実現される、ということに起因するものである。つまり、伝送容量が小量であったり、総伝送距離が短かったりなど、必ずしも遠隔励起光増幅技術を必要としない使用状況においても必ず励起光の挿入が必要となるということである。この理由は、光増幅用のEDFは励起しないと吸収媒質となるため、信号光が通過することが出来なくなるためである。本来必要でない励起光源の用意は不要なコストアップにつながる。

【0 0 0 7】

これらの問題から明らかなように、現状の遠隔励起光増幅方式を導入した伝送路を敷設・設置する際には、その伝送路の使用形態をある程度事前に決めておく必要がある。しかし陸上伝送システム向け光伝送路においてそれを行うことは難しい。というのは、陸上伝送システム用の伝送路敷設にかかるコストは巨大であるため、敷設工事の際には現状での需要より遙かに多くのファイバを一括して敷設するのが普通だからである。従って敷設時には各ファイバの具体的使用形態が決まっていないことが多い。

本問題に対する一つの解決策として、遠隔励起光増幅モジュールなし、上り回線専用遠隔励起光増幅モジュール付き、下り回線専用遠隔励起光増幅モジュール付き、などそれぞれ用意して敷設することである。しかし、これは最終的に使用されない無駄な伝送路ファイバの増加につながる、という問題がある。

【0008】

【非特許文献1】

Optical Fiber Communication Conference 2002, Technical Digest P. 607, paper ThFF1

【0009】

【発明が解決しようとする課題】

現行の遠隔励起光増幅技術を陸上伝送システム向け光伝送路に導入する際の問題点は、伝送路を敷設する時点においてその伝送路の使用形態を具体的に決めておく必要があり、その後のシステム構成の変更や増設に対して柔軟に対応できないことである。つまり、設計以外での用途では、本来伝送路としての能力を上げるために行った作業が更なるコスト増加に結びつく可能性があることである。本発明は、このような問題点に鑑みて成されたものであって、その目的とするところは、信号伝送方向、総伝送距離、総伝送容量など様々な使用形態に対して柔軟に対応可能とする遠隔励起光増幅用デバイス、または遠隔励起光増幅技術を用いた光ファイバ通信用伝送路を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】

遠隔励起光増幅モジュールにて信号光が実際に増幅される希土類添加ファイバを、増幅されるべきでない信号光、つまり、違う波長帯の信号光や逆方向に伝搬する信号光が迂回可能なバイパス回路を、励起光の経路を邪魔することなく設置する。例えば、逆方向信号を迂回させるためには、希土類添加ファイバを、2つのサーキュレータを用いたバイパス回路にて囲むことにより実現する。また、異なる波長帯の信号光を迂回させるためには、希土類添加ファイバを、2つの信号光波長帯合分波フィルタを用いたバイパス回路にて囲むことにより実現する。

上記の構成の遠隔励起光増幅モジュールを、伝送路内に1つまたは2つ配置する。各遠隔励起光増幅モジュールにとって、近い側の中継局舎からの信号光はバイパス回路へ、遠い側の中継局舎からの信号光は希土類添加ファイバへ導波されるよう伝送路と接続する。

【0011】

【発明の実施の形態】

次に、本発明の遠隔励起光増幅モジュール、及び遠隔励起光増幅技術を用いた光ファイバ通信用伝送路、光伝送システムについて、図面を参照して以下に詳細に説明する。

図1は、本発明の第1の実施形態の遠隔励起光増幅モジュールの構成を示す図である。伝送路からの信号光を異なる経路に導き、再び伝送路に合流させる2つの3ポートサーキュレータと、異なる経路の一方は希土類添加ファイバ、他方は信号光バイパス回路とし、希土類添加ファイバへの遠隔励起光が伝送路から分離され、サーキュレータをバイパスする励起光バイパス回路とで構成される。

第1の入出力ファイバ101から入力された第1の信号光は、第1の3ポートサーキュレータ31を経由して希土類添加ファイバ21に送られる。希土類添加ファイバ21を励起する励起光は、第2の入出力ファイバ102を通して遠隔から送られ、第2の信号光／励起光分波フィルタ12によって分離され、励起光バイパス回路104、第1の信号光／励起光分波フィルタ11を経由して希土類添加ファイバ21に到達する。

希土類添加ファイバ21にて増幅された信号光は、第1の信号光／励起光分波フィルタ11を透過し、第2の3ポートサーキュレータ32、第2の信号光／励起

光分波フィルタ 12 を透過して第 2 の入出力ファイバ 102 へ出力される。

一方、第 2 の入出力ファイバ 102 から信号光が入力される場合では、信号光は、第 2 の信号光／励起光分波フィルタ 12 を透過し、第 2 の 3 ポートサーキュレータ 32、信号光バイパス回路 107、第 1 の 3 ポートサーキュレータ 31 を経由し、増幅されることなく、第 1 の入出力ファイバ 101 から出力される。

2 つの 3 ポートサーキュレータは、図 1 中に付したポートの番号で、①ポートからの入力は②ポートに出力し、②ポートからの入力は③ポートに出力するが③ポートからの入力は①、②のいずれのポートからも出力しない光接続形態となっている。

図 1 の構成によって、第 1 の入出力ファイバからの第 1 の信号光は、第 2 の入出力ファイバを通して送られる遠隔後方励起光によって希土類添加ファイバにて増幅されて第 2 の入出力ファイバへ送出される。他方第 2 の入出力ファイバからの第 2 の信号光は、希土類添加ファイバを迂回して第 1 の入出力ファイバへ送出される。したがって、第 1 の信号光が伝送容量の多い大容量信号であって、光増幅中継を必要とし、第 2 の信号光は伝送容量が小量であったり、総伝送距離が短かったりして、光増幅中継を必要とし無い場合には、本実施形態の遠隔励起光増幅モジュールの構成が有効である。

【0012】

図 2 は、本発明の第 2 の実施形態の遠隔励起光増幅モジュールの構成を示す図である。図 1 の第 1 の実施形態における、3 ポートサーキュレータに代えて信号波長群合分波フィルタを用い、さらに光アイソレータを希土類添加ファイバと第 1 の信号光／励起光分波フィルタの前後に備えた構成である。信号波長群合分波フィルタは、1 つの入力ポートから入力する 2 つの波長群の光を異なる出力ポートに分波して出力し、相反的な動作として異なる入力ポートから入力する 2 つの波長群の光を 1 つの出力ポートに合波して出力する動作を行う。誘電体多層膜による干渉フィルタ等を用いることができる。

第 1 の入出力ファイバ 101 から入力された信号光は、第 1 の信号波長群合分波フィルタ 61 により、波長帯-A、B の 2 つの成分に分離され、波長帯-A の成分は信号光バイパス回路 107 へ、波長帯-B の成分はアイソレータを透過し希

土類添加ファイバ 21 へ導波される。

バイパスした波長帯 A の成分は、第 2 の信号波長群合分波フィルタ 62、第 2 の信号光／励起光合分波フィルタ 12 を経由し、第 2 の入出力ファイバ 102 から出力される。

希土類添加ファイバ 21 へ導波された波長帯 B の成分は、希土類添加ファイバ 21 で増幅された後、第 1 の信号光／励起光合分波フィルタ 11、アイソレータ、第 2 の信号波長群合分波フィルタ 62、第 2 の信号光／励起光合分波フィルタ 12 を経由し、第 2 の入出力ファイバ 102 から出力される。

波長帯 B の成分を希土類添加ファイバ 21 で増幅するための励起光は、第 2 の入出力ファイバ 102 から入力され、第 2 の信号光／励起光合分波フィルタ 12、励起光バイパス回路 104、第 1 の信号光／励起光合分波フィルタ 11 を経由し、希土類添加ファイバ 21 へと送り込まれる。

【0013】

この第 2 の実施形態では、波長帯 B の成分は、第 1 の入出力ファイバ 101 から第 2 の入出力ファイバ 102 へと方向性が定まっているが、波長帯 A の成分は、第 2 の入出力ファイバ 102 から第 1 の入出力ファイバ 101 へという逆方向の伝搬も許容される。

【0014】

図 2 に示す遠隔励起光増幅モジュールをより効果的に使用するためには、図 2 とは対称の機能を持つ遠隔励起光増幅モジュールが必要となる場合がある。すなわち、波長帯 A の成分が方向性の定まった光増幅効果を受け、波長帯 B の成分は双方向伝搬特性を有する遠隔励起光増幅機能を持ったモジュールである。

図 3 に本発明の第 3 の実施形態の構成を示す。第 1 の入出力ファイバ 101 から入力される信号光のうち、波長帯 A の成分のみが増幅され、波長帯 B の成分は信号光バイパス回路を経由し、増幅されることなく第 2 の入出力ファイバから出力される。このとき、波長帯 B の成分は、第 2 の入出力ファイバ 102 から第 1 の入出力ファイバ 101 へという逆方向の伝搬も許容される。

【0015】

波長帯 A、B の決め方は用途に依存するが、現状デバイスの能力を念頭に取

容量を優先させることを考えると、C-band（大体1530～1565 nm）とL-band（大体1570～1605 nm）の分け方が妥当である。

C-band内、またはL-band内で2つに分割する方法もある。この方式は、収容容量的には小さいものの、両方向に対して同じ希土類添加ファイバを使用することが出来る、というメリットがある（C-band、L-bandで分ける場合には、それぞれの増幅で使用する希土類添加ファイバが種類や長さという点で異なるため、2種類以上用意する必要がある）。

【0016】

図4は、本発明の更に別の第4の実施形態の遠隔励起光増幅モジュールの構成を示す図である。

本構成は、信号光バイパス回路を更に1つ追加しており、図1に示される構成が持つ機能と、図2に示す構成が持つ機能とをあわせた機能を持つ。

第1の入出力ファイバ101から入力された第1の信号光は、第1の3ポートサーキュレータ31（第2ポートに入力され、第3ポートから出力される）を経由し、第1の信号波長群分離フィルタ61へ導波される。第1の信号光は第1の信号波長群合分波フィルタ61により、波長帯-A、Bの2つの成分に分離され、波長帯-Aの成分は第2の信号光バイパス回路108へ、波長帯-Bの成分は希土類添加ファイバ21へ導波される。

波長帯-Aの成分は、第2の信号波長群合分波フィルタ62、第2の3ポートサーキュレータ32、第2の信号光／励起光合分波フィルタ12を経由し、第2の入出力ファイバ102から出力される。

一方、波長帯-Bの成分は、希土類添加ファイバ21で増幅された後、第1の信号光／励起光合分波フィルタ11、第2の信号波長群合分波フィルタ62、第2の3ポートサーキュレータ32、第2の信号光／励起光合分波フィルタ32（第1ポートに入力され、第2ポートから出力される）を経由し、第2の入出力ファイバ102から出力される。

波長帯-Bの成分を希土類添加ファイバ21で増幅するための励起光は、第2の入出力ファイバ102から入力され、第2の信号光／励起光合分波フィルタ12、励起光バイパス回路104、第1の信号光／励起光合分波フィルタ11を経由

し、希土類添加ファイバ 21 へと送り込まれる。

第 2 の入出力ファイバ 102 から入力された第 2 の信号光は、第 2 の信号光／励起光合分波フィルタ 12 によって遠隔励起光を分離され、第 2 の 3 ポートサーキュレータ 32、第 1 の信号光バイパス回路 107、第 1 の 3 ポートサーキュレータ 31 を経由し、第 1 の入出力ファイバから出力される。

2 つの 3 ポートサーキュレータは、図 4 中に付したポートの番号で、①ポートからの入力は②ポートに出力し、②ポートからの入力は③ポートに出力するが③ポートからの入力は①、②のいずれのポートからも出力しない光接続形態となっている。

【0017】

図 4 に示す遠隔励起光増幅モジュールをより効果的に使用するためには、図 4 とは対称の機能を持つ第 4 の実施形態の遠隔励起光増幅モジュールが必要となる場合がある。すなわち、図 2 に対応した図 3 のように、波長帯－A の成分が方向性の定まった光増幅効果を受け、波長帯－B の成分は双方向伝搬特性を有するモジュールである。

図 5 に本発明の第 5 の実施形態の遠隔励起光増幅モジュールの構成を示す。第 1 の入出力ファイバ 101 から入力される第 1 の信号光のうち、波長帯－A の成分のみが増幅され、波長帯－B の成分は信号光バイパス回路を経由し、増幅されることなく出力される構成である。図 4 と図 5 の基本的な違いは、2 つの信号波長群合分波フィルタ 61、62 の第 2、第 3 ポートの接続が逆であることである。ただし、波長帯－A の成分と波長帯－B の成分で最適な希土類添加ファイバ 21 の種類、長さなどが違う可能性はあるので、適宜最適化を行う必要はある。

2 つの 3 ポートサーキュレータは、図 5 中に付したポートの番号で、②ポートからの入力は①ポートに出力し、③ポートからの入力は②ポートに出力するが①ポートからの入力は②、③のいずれのポートからも出力しない光接続形態となっている。

【0018】

図 6 は、本発明の更に別の第 6 の実施形態の遠隔励起光増幅モジュールの構成を示す図である。

図 1 に示される遠隔励起光増幅モジュールは、双方向光信号のうち、片方向の信号光、具体的には第 1 の入出力ファイバ 101 から入力される信号光のみを増幅可能であるが、図 6 の構成では、両方向の信号光に対して増幅を可能とする構成である。

第 1 の入出力ファイバ 101 から入力された信号光は、第 1 の信号光／励起光合分波フィルタ 11、第 1 の 3 ポートサーキュレータ 31 を経由して第 1 の希土類添加ファイバ 21 に送られる。

第 1 の希土類添加ファイバ 21 を励起する励起光は、第 2 の入出力ファイバ 102 から第 3 の信号光／励起光分波フィルタ 13、第 2 の励起光バイパス回路 105、第 4 の信号光／励起光分波フィルタ 14 を経由して希土類添加ファイバ 21 に到達する。

第 1 の希土類添加ファイバ 21 にて増幅された信号光は、第 4 の信号光／励起光合分波フィルタ 14、第 2 の 3 ポートサーキュレータ 32、第 3 の信号光／励起光合分波フィルタ 13 を経由して第 2 の入出力ファイバ 102 から出力される。

一方、第 2 の入出力ファイバ 102 から信号光が入力される場合では、信号光は、第 3 の信号光／励起光合分波フィルタ 13、第 2 の 3 ポートサーキュレータ 32 を経由して第 2 の希土類添加ファイバ 32 へ送られる。

第 2 の希土類添加ファイバ 22 を励起する励起光は、第 1 の入出力ファイバ 101 から第 1 の信号光／励起光分波フィルタ 11、第 1 の励起光バイパス回路 104、第 2 の信号光／励起光分波フィルタ 12 を経由して希土類添加ファイバ 22 に到達する。

第 2 の希土類添加ファイバ 22 にて増幅された信号光は、第 2 の信号光／励起光分波フィルタ 12、第 1 の 3 ポートサーキュレータ 31、第 1 の信号光／励起光分波フィルタ 11 を経由して第 2 の入出力ファイバ 102 から出力される。

2 つの 3 ポートサーキュレータは、図 6 中に付したポートの番号で、①ポートからの入力は②ポートに出力し、②ポートからの入力は③ポートに出力するが③ポートからの入力は①、②のいずれのポートからも出力しない光接続形態となっている。

【0019】

図 7 は、本発明の更に別の第 7 実施形態の遠隔励起光増幅モジュールの構成を示す図である。

図 6 に示される遠隔励起光増幅モジュールに更に、図 2、3 に示される構成が有する、増幅させず通過させる波長帯用のバイパス回路を持たせていることが特徴である。

第 1 の入出力ファイバ 101 から入力された信号光は、第 1 の信号光／励起光合分波フィルタ 11、第 1 の 3 ポートサーキュレータ 31 を経由して、第 1 の信号波長群合分波フィルタ 61 へ送られる。

第 1 の信号波長群合分波フィルタ 61 にて信号光は、波長帯成分 A、B の二つに分離される。

波長帯成分 A は第 1 の信号光バイパス回路 107 を経由し第 2 の信号波長群合分波フィルタ 62 へ送られる。

波長帯成分 B は第 1 の希土類添加ファイバ 21、第 4 の信号光／励起光合分波フィルタ 14 を経由して第 2 の信号波長群合分波フィルタ 62 へ送られる。

第 1 の希土類添加ファイバ 21 を励起する励起光は、第 2 の入出力ファイバ 102 から第 3 の信号光／励起光分波フィルタ 13、第 1 の励起光バイパス回路 104、第 4 の信号光／励起光分波フィルタ 14 を経由して第 1 の希土類添加ファイバ 21 に到達する。

第 2 の信号波長群合分波フィルタ 62 を出力された波長帯成分 A、B の信号光は、第 2 の 3 ポートサーキュレータ 32、第 3 の信号光／励起光分波フィルタ 13 を経由して第 2 の入出力ファイバ 102 から出力される。

一方、第 2 の入出力ファイバ 102 から信号光が入力される場合では、信号光は、第 3 の信号光／励起光合分波フィルタ 13、第 2 の 3 ポートサーキュレータ 32 を経由して第 3 の信号波長群合分波フィルタ 63 へ送られる。

第 3 の信号波長群合分波フィルタ 63 にて信号光は、波長帯成分 A、B の二つに分離される。

波長帯成分 B は第 2 の信号光バイパス回路 108 を経由し第 4 の信号波長群合分波フィルタ 64 へ送られる。

波長帯成分 A は第 2 の希土類添加ファイバ 22、第 2 の信号光／励起光合分波フ

フィルタ 1 2 を経由して第 4 の信号波長群合分波フィルタ 6 4 へ送られる。

第 2 の希土類添加ファイバ 2 2 を励起する励起光は、第 1 の入出力ファイバ 1 0 1 から第 1 の信号光／励起光分波フィルタ 1 1、第 2 の励起光バイパス回路 1 0 5、第 2 の信号光／励起光分波フィルタ 1 2 を経由して第 2 の希土類添加ファイバ 2 2 に到達する。

第 4 の信号波長群合分波フィルタ 6 4 を出力された波長帯成分 A、B の信号光は、第 1 の 3 ポートサーキュレータ 3 1、第 1 の信号光／励起光分波フィルタ 1 1 を経由して第 1 の入出力ファイバ 1 0 1 から出力される。

2 つの 3 ポートサーキュレータは、図 7 中に付したポートの番号で、①ポートからの入力②ポートに出力し、②ポートからの入力③ポートに出力するが③ポートからの入力①、②のいずれのポートからも出力しない光接続形態となっている。

【 0 0 2 0 】

図 1 ～ 7 に示される遠隔励起光増幅モジュールは全て、希土類添加ファイバ中で信号光と励起光が逆方向に進行するという後方励起であるが、増幅形態としては両光が同方向に進行する前方励起も適用可能である。前方励起、後方励起のどちらを選択するかは、増幅器の雑音特性、飽和出力のどちらの特性を重視するかに依存する。雑音特性を重視する場合は前方励起を、飽和出力を重視する場合は後方励起を選択する。

【 0 0 2 1 】

図 8 は、本発明の第 8 の実施形態の構成を示し、図 1 に示される遠隔励起光増幅モジュールにおいて励起方式を前方励起に変更した構成である。具体的な違いは、第 1 の信号光／励起光分波フィルタ 1 1 と希土類添加ファイバ 2 1 の配置と接続にあり、第 1 の信号光／励起光分波フィルタ 1 1 の第 2 ポートが第 1 の 3 ポートサーキュレータ 3 1 の第 3 ポートに、第 2 の 3 ポートサーキュレータ 3 2 の第 1 ポートに希土類添加ファイバ 2 1 が接続されている。

2 つの 3 ポートサーキュレータは、図 8 中に付したポートの番号で、①ポートからの入力②ポートに出力し、②ポートからの入力③ポートに出力するが③ポートからの入力①、②のいずれのポートからも出力しない光接続形態となつて

いる。

図 2～7 に示される遠隔励起光増幅モジュールにおいても前方励起方式の適用は可能である。

【0022】

遠隔励起光増幅モジュール内に、増幅以外の他の機能を加えることも可能である。最も望まれる追加機能の 1 つは分散補償である。遠隔励起光増幅モジュール内での分散補償は、中継器構成の簡単化と、40Gb/s 信号のような高速信号伝送における伝送特性の改善、という 2 つのメリットがある。

【0023】

図 9 は、本発明の第 9 の実施形態の構成を示し、図 1 に示す第 1 の実施形態の後方励起の遠隔励起光増幅モジュールにおいて、増幅以外に更なる機能として分散補償機能を加えた遠隔励起光増幅モジュールの構成を示す図である。

分散補償デバイスの配置場所としては、基本的に増幅部分（希土類添加ファイバ）の前後の 2 通りが考えられる。現在は、高い非線形性を有する分散補償ファイバが分散補償デバイスとして一般的であり、高い信号光強度の信号光を入力できないため、増幅部分の前に分散補償デバイスを配置することが好ましい。しかし、遠隔励起光増幅のモチベーションは、光 SNR 改善であることを考えると、増幅部分の前に配置される損失成分は極力減らすことが好ましい。従って、図 9 においては増幅部分の後、具体的には第 1 の信号光／励起光合分波フィルタ 11 と第 2 の 3 ポートサーキュレータ 32 との間に分散補償デバイス 41 とアイソレータ 51 を挿入した構成としている。

【0024】

遠隔励起光増幅モジュール内に配置される分散補償デバイスによる波長分散補償量は、理想的には当該スパン内で蓄積される波長分散量の全量である。しかし、例えばスパンが 160 km の SSMF (Standard Single Mode Fiber, 最も一般的な伝送路ファイバ) で構成されていると仮定すると、補償すべき波長分散量は約 2700 [ps/nm]、これを補償可能な分散補償ファイバの損失は約 14 [dB] と非常に大きなものとなる。遠隔励起光増幅における利得に対して、その後に配置される分散補償デバイスの損失が上

回るようなことがあれば、結果的に遠隔励起光増幅を行わない場合と比較しても光 S N R 改善は劣化する。従って、遠隔励起光増幅モジュール内に配置される分散補償デバイス（の分散補償量）は、次の 2 つの要因のうち小さな方を重視して決定することが好ましい。

（制限要因その 1） 当該スパン内で蓄積される分散量。

（制限要因その 2） 遠隔励起光増幅による利得以下の損失を有する分散補償デバイス。

【0025】

図 1 と図 4 に示される遠隔励起光増幅モジュールには、2 つの 3 ポートサーキュレータが信号光バイパス回路により直結されているところがある。この部分は 4 ポートサーキュレータの利用により 1 つのデバイスで代替することが可能である。

図 10 は、図 1 において上記交換を行った本発明の第 10 の実施形態の遠隔励起光増幅モジュールの構成を示す図である。動作状態、得られる機能は図 1 と図 10 で全く同じである。

4 ポートサーキュレータ 35 は、図 10 中に付したポートの番号で、①ポートからの入力は②ポートに出力し、②ポートからの入力は③ポートに出力し、③ポートからの入力は④ポートに出力するが、④ポートからの入力は①、②、③のいずれのポートからも出力しない光接続形態となっている。

図 10 に示す 4 ポートサーキュレータ 35 を使用した構成には、デバイス数の削減によるコスト削減、サイズ低減が可能、という利点がある。一方、図 1 に示す 2 つの 3 ポートサーキュレータと信号光バイパス回路を用いた構成は、信号光バイパス回路に、例えば、レベル等化デバイスを挿入する、などといった将来的なアップグレードの余地を残す。

図 10 では、図 1 の構成に対して 4 ポートサーキュレータを使用した場合について説明を行ったが、図 4 の構成や、図 8 に示した前方励起構成の場合や、図 9 に示した分散補償デバイスを付加している場合、においても同様の構成変更は可能である。

【0026】

以上に述べた遠隔励起光増幅モジュールの説明において、光増幅部（希土類添加ファイバ）に対する構成の変形や構成部品の追加、例えば後方励起の代わりに前方励起とする実施形態や光増幅部にアイソレータや分散補償デバイスを追加する実施形態は、図 1 の第 1 の実施形態を変形（図 8）または追加する（図 9）場合について主に説明をしたが、他の実施形態（図 2 ～図 5、図 6 ～図 7、図 1 0）に対しても同様の実施形態の変型や構成部品の追加を適宜行いうることは言うまでもない。

【 0 0 2 7 】

続いて、上記遠隔励起光増幅モジュールを用いた伝送路構成について説明を行う。

図 1 1 は、遠隔励起光増幅モジュールを用いた光ファイバ通信用伝送路の構成を一般的に示した図である。

遠隔励起光増幅モジュールの配置場所、具体的には中継局舎からの距離は、励起光源が配置される中継局舎から十分な励起光が届く範囲、という制限がある。現在の伝送路光ファイバの損失、励起光源の強度、遠隔励起光増幅技術を使用することにより得られるメリット、などを考慮すると、励起光源の配置される局舎と遠隔励起光増幅モジュールの間の距離は 3 0 ～ 1 0 0 k m 程度である。したがって 2 つの局舎 X、Y 間を結ぶ伝送路において遠隔励起光増幅技術を用いるためには、上り回線と下り回線の両方を考えると一般に遠隔励起光増幅モジュールの配置場所は 2 地点 A、B が必要となる。つまり、Y → X 方向の信号光に対しては、局舎 X に近い地点 A に遠隔励起光増幅モジュールを配置し、励起光は局舎 X から供給する。一方、X → Y 方向の信号光に対しては、局舎 Y に近い地点 B に遠隔励起光増幅モジュールを配置し、励起光は局舎 Y から供給する。

図 1 1 では、局舎 X、Y を結ぶ伝送路 - R に対しては地点 B に、伝送路 - L に対しては地点 A に遠隔励起光増幅モジュールを配置されている。よって、X → Y の信号は伝送路 - R を使用し、Y → X の信号には伝送路 - L を使用することにより、それぞれ遠隔励起光増幅技術の使用が可能となる。

【 0 0 2 8 】

上記構成に、今回の発明の遠隔励起光増幅モジュールを導入することによりど

のような改善が得られるか、図を用いて説明する。

図 12、図 13 は、図 11 の伝送路-R に対し、遠隔励起光増幅モジュールとして図 1 に示す構成を適用した場合の本発明の第 11 の実施形態の伝送路の構成を示す図である。伝送路-R、L ともそれぞれ伝送路は 1 本ずつしか示されていないが、実際には複数あることを仮定している。

【0029】

X→Y の信号光が遠隔励起光増幅を必要とする場合、具体的には 40Gb/s 信号を使用した大容量の伝送を行う場合、または長距離伝送を行う場合には、図 11 に示すように伝送路-R を使用し、中継局舎 Y から励起光を挿入することにより、遠隔励起光増幅を行う (図 12)。また Y→X 向きの信号にとっては遠隔励起光増幅モジュールを迂回可能であるので、この伝送路-R を使用することにより結果的に遠隔励起光増幅を必要としない光信号の Y→X 向きの伝送が可能となる (図 13)。

【0030】

同様に伝送路-L により、遠隔励起光増幅を必要とする Y→X の方向の伝送、遠隔励起光増幅を必要としない X→Y の方向の光信号の伝送が可能となる。以上説明のように、2 通りの伝送路 (伝送路-R、L) により 4 通り (方向性、遠隔励起光増幅の有無) の信号伝送が可能となる、つまり伝送路の用途変更に対する柔軟性が拡張されている。

【0031】

図 14 は、図 11 の伝送路-R に対し、遠隔励起光増幅モジュールとして図 2 に示す構成を適用した場合本発明の第 12 の実施形態の構成を示す図である。

本構成は 2 種類の使用形態がある。

基本的な使用形態は、X→Y の方向に信号を通すアプリケーションにおいて、大容量伝送、長距離伝送など遠隔励起増幅が必要な場合には信号波長帯として遠隔励起増幅可能な波長帯-B を、必要でない場合には波長帯-A を使用するというものである。両波長帯を同時に使用することも可能である。例えば、広範囲のビットレートチャンネルが混在する場合に、10Gb/s 以上のチャンネルを波長帯-B へ、それ以下の速度のチャンネルを波長帯-A に割り当てる、といったことが可

能となる。

もう一つの使用形態は、一つのファイバに両方向に信号を通すというもので、特に $X \rightarrow Y$ と $Y \rightarrow X$ のトラフィックが大きな非対称性を持つ場合に有効となる。大規模な都市と小規模な都市を結ぶ伝送路などにある状況である。 $X \rightarrow Y$ の方がより大きなトラフィックを必要とされていると仮定し、具体的な説明を行う。まず $X \rightarrow Y$ の信号光に対しては波長帯-Bを適用し、伝送路-Rにおいて遠隔励起増幅を用いて伝送を行う。一方、 $Y \rightarrow X$ の信号光に対しては波長帯-Aを使用し、同じく伝送路-R上で伝送を行うことが可能である。

尚、同一ファイバでの双方向伝送において、 $Y \rightarrow X$ の信号光に対しても遠隔励起光増幅が必要な場合についてはこの後で説明する。

【0032】

図15に示す伝送路では、図11に示す伝送路とは異なり、地点A、Bの両方において遠隔励起光増幅モジュールを配置している。本構成の主な特徴は、両方向について遠隔励起光増幅を適用可能な伝送路であることと、遠隔励起光増幅を可能とする伝送路の構成を1種類のみとする（図11の構成では2種類）、ということである。デバイス使用数の観点では必ずしも最低コストではない、冗長な構成であるが、伝送路が持つ機能の柔軟性を極限まで高めていること、伝送路構成を一種類化することにより敷設工事の際の簡単化が図れていること、というメリットがある。

提供可能な機能は組み込む遠隔励起光増幅モジュールの構成に依存する。例えば遠隔励起光増幅モジュールが図1に示す構成であれば、両方向について遠隔励起光増幅を使用した伝送のみが可能、ただし使用時は一方向のみ、となる。図2に示す構成であれば、両方向に遠隔励起光増幅を使用した伝送のみが可能、同時使用も可能、となる。図4に示す構成については、以下に説明を行う。

【0033】

図16に、図15に示される伝送路構成に遠隔励起光増幅モジュールとして図4及び図5に示される構成を使用した場合の本発明の第13の実施形態の伝送路の構成を示す。

地点Aには図4に示される構成そのものを、地点Bには図4の構成とは対称の構

成である図 5 に示される遠隔励起光増幅モジュールが配置される。

【0034】

本構成では、次の 4 通りの伝送が可能である。信号波長が重ならないければ、下の 4 つのうちの複数を同一ファイバ上で実現することも可能である。

- (1) 信号方向：X→Y、遠隔励起光増幅あり (信号光：波長帯 A)
- (2) 信号方向：X→Y、遠隔励起光増幅なし (信号光：波長帯 B)
- (3) 信号方向：Y→X、遠隔励起光増幅あり (信号光：波長帯 B)
- (4) 信号方向：Y→X、遠隔励起光増幅なし (信号光：波長帯 A)

図 17 は、上記 4 つの使用方法のうち、上記 (1) の使用方法における信号光と励起光の進行経路を示している。

【0035】

まず信号光は、地点 B において遠隔励起光増幅が行われるよう波長帯 A を使用する。中継局舎 X を出た信号光は、まず地点 A を遠隔励起光増幅モジュールの信号光バイパス回路を使用して通過する。一方、地点 B の遠隔励起光増幅モジュールにおいては、遠隔励起光増幅モジュールにおいて増幅が行われる。励起光は中継局舎 Y から挿入されている。

【0036】

なお、図 15 において、地点 A と地点 B を同じ場所とすることが可能となるケースがありうる。この場合、基本的には、従来地点 A、B に配置していた 2 つの遠隔励起光増幅モジュールを、第 1 の入出力ファイバ 101 同士を直接接続することで対応可能である。これを、図 4、図 5 に示される構成の遠隔励起光増幅モジュールを使用することにより、より少数のデバイスで実現することが可能となる。

【0037】

【発明の効果】

以上説明のように、本発明の遠隔励起光増幅モジュールを用いた光ファイバ通信伝送路は様々な使用形態に適用可能であるため、遠隔励起光増幅技術を用いた伝送路を導入・敷設する前の使用予測の精度の緩和、使用形態の柔軟な変更、段階的な伝送路能力の向上、といった利点が得られる。

【図面の簡単な説明】**【図 1】**

逆方向信号光に対するバイパス回路を設置した遠隔励起光増幅モジュールの構成を示す図である。

【図 2】

異なる波長帯の信号光に対するバイパス回路を設置した遠隔励起光増幅モジュールの構成を示す図である。

【図 3】

図 2 に示す遠隔励起光増幅モジュールとセットで使用する、対称の機能を有する遠隔励起光増幅モジュールの構成を示す図である。

【図 4】

逆方向信号光と、異なる波長帯の信号光のそれぞれに対しバイパス回路を設置した遠隔励起光増幅モジュールの構成を示す図である。

【図 5】

図 4 に示す遠隔励起光増幅モジュールとセットで使用する、対称の機能を有する遠隔励起光増幅モジュールの構成を示す図である。

【図 6】

両方向の信号光に対し遠隔励起光増幅を可能とする遠隔励起光増幅モジュールの構成を示す図である。

【図 7】

図 6 にさらに信号光バイパス回路を追加した遠隔励起光増幅モジュールの構成を示す図である。

【図 8】

図 1 に示す遠隔励起光増幅モジュールにおいて、増幅形態として前方励起を使用した場合の遠隔励起光増幅モジュールの構成を示す図である。

【図 9】

図 1 に示す遠隔励起光増幅モジュールにおいて、更に分散補償機能も追加した遠隔励起光増幅モジュールの構成を示す図である。

【図 1 0】

図 1 に示す遠隔励起光増幅モジュールにおいて、4 ポートサーキュレータを使用することにより構成を簡単化した遠隔励起光増幅モジュールの構成を示す図である。

【図 1 1】

伝送路中に 1 つだけ遠隔励起光増幅モジュールを入れた場合の伝送路の構成を示す図である。

【図 1 2】

図 1 1 の構成において、遠隔励起光増幅モジュールとして図 1 に示す構成を採用とした場合に、順方向の信号光と励起光が通過する経路を示す図である。

【図 1 3】

図 1 2 に示される伝送路の構成において、遠隔励起光増幅を必要としない逆方向信号光が通過する経路を示す図である。

【図 1 4】

図 1 1 に示される伝送路の構成において、遠隔励起光増幅モジュールとして図 2 に示す構成を採用とした場合に、各種信号光と励起光が通過する経路を示す図である。

【図 1 5】

伝送路中に 2 つの遠隔励起光増幅モジュールを入れた場合の伝送路の構成を示す図である。

【図 1 6】

図 1 5 に示される伝送路の構成において、遠隔励起光増幅モジュールとして図 4、5 に示す構成を採用とした場合の伝送路の構成を示す図である。

【図 1 7】

図 1 6 に示される伝送路の構成において、順方向かつ遠隔励起光増幅モジュール励起光増幅を必要とする信号光と励起光が通過する経路を示す図である。

【図 1 8】

従来の遠隔励起光増幅技術を用いた伝送路の構成を示す図である。

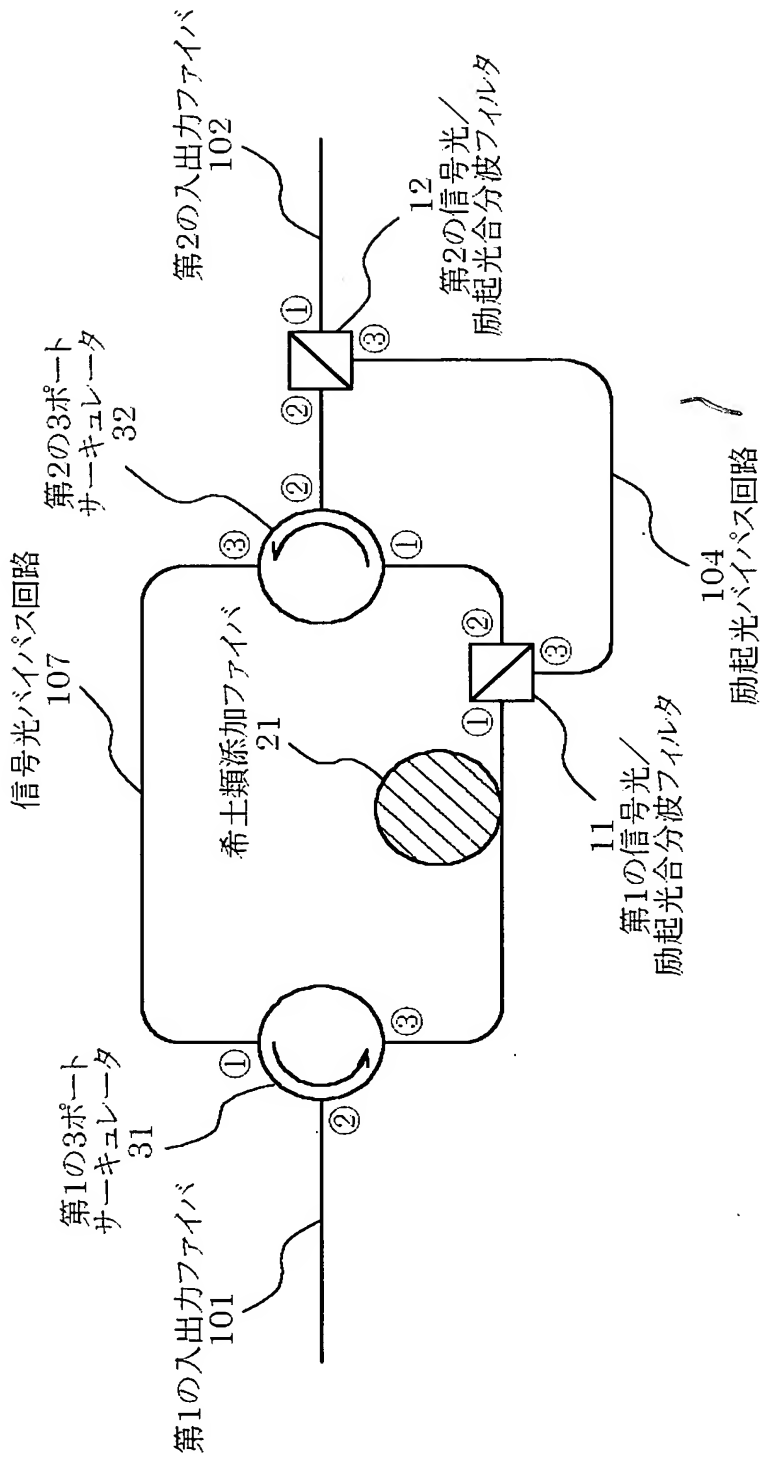
【符号の説明】

1 1 第 1 の信号光／励起光合分波フィルタ

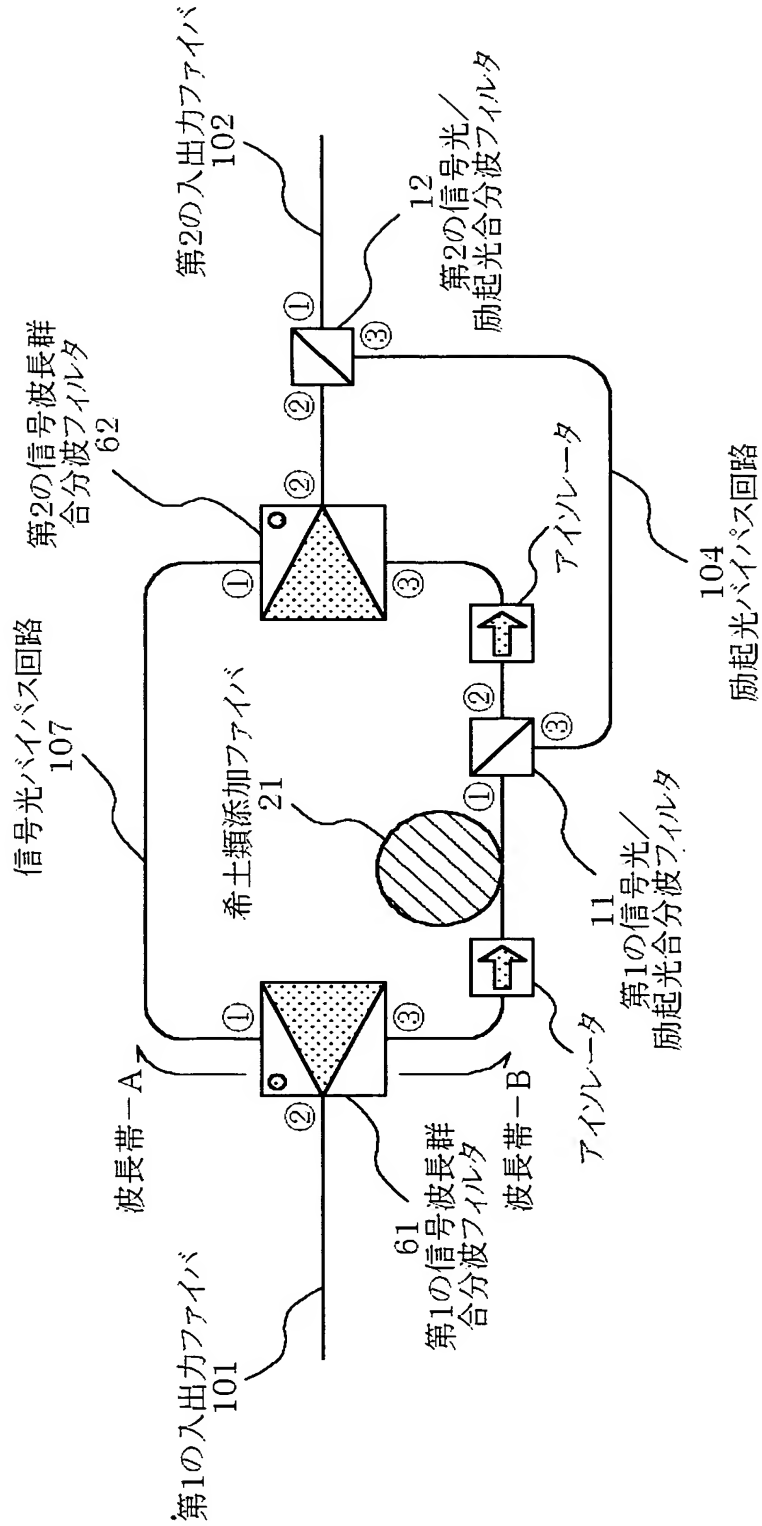
- 1 2 第 2 の信号光／励起光合分波フィルタ
- 1 3 第 3 の信号光／励起光合分波フィルタ
- 1 4 第 4 の信号光／励起光合分波フィルタ
- 2 1 希土類添加ファイバ
- 2 2 第 2 の希土類添加ファイバ
- 3 1 第 1 の 3 ポートサーキュレータ
- 3 2 第 2 の 3 ポートサーキュレータ
- 3 5 4 ポートサーキュレータ
- 4 1 分散補償デバイス
- 5 1 アイソレータ
- 1 0 1 第 1 の入出力ファイバ
- 1 0 2 第 2 の入出力ファイバ
- 1 0 4 励起光バイパス回路
- 1 0 5 第 2 の励起光バイパス回路
- 1 0 7 信号光バイパス回路
- 1 0 8 第 2 の信号光バイパス回路

【書類名】 図面

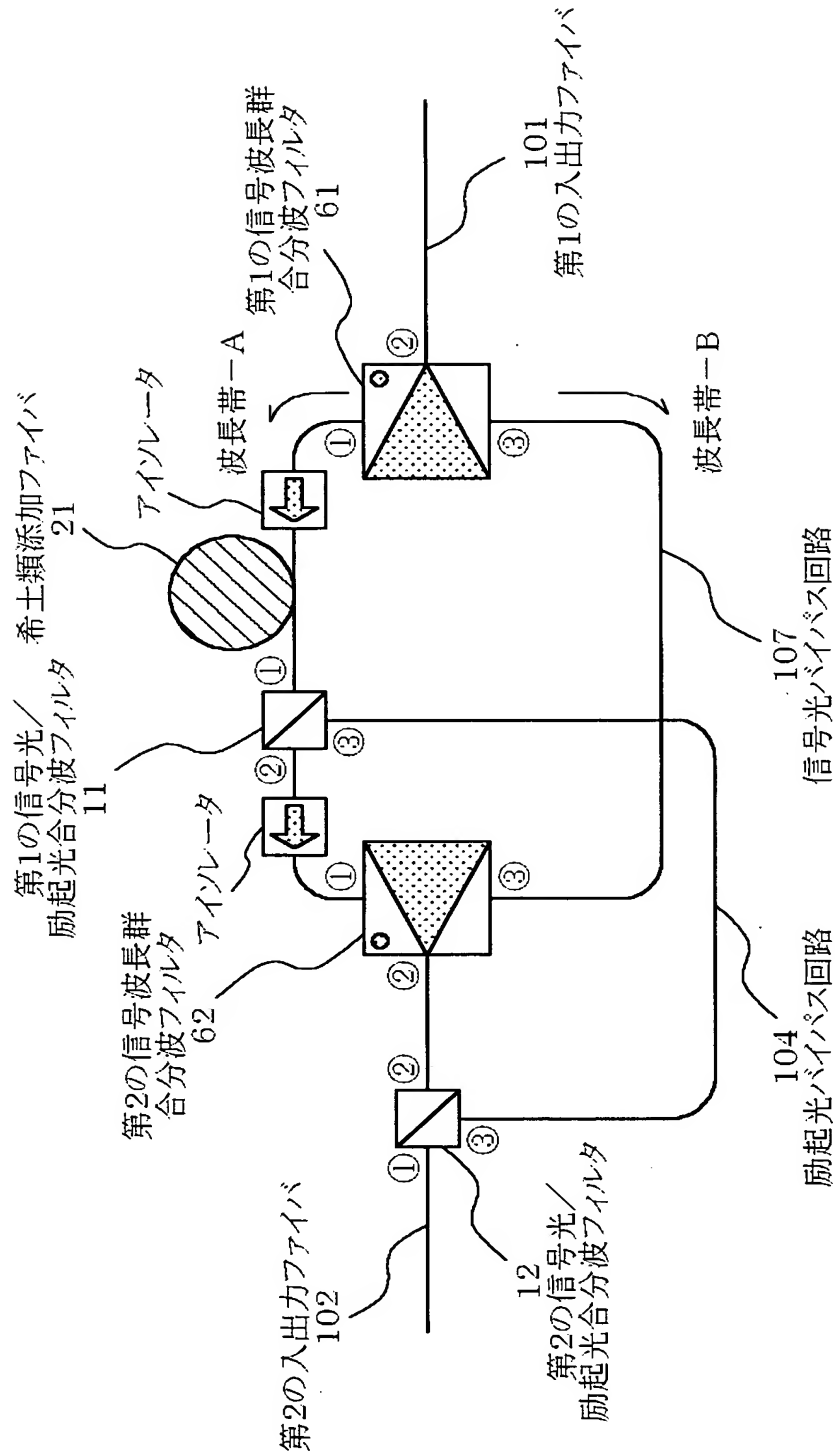
【図 1】



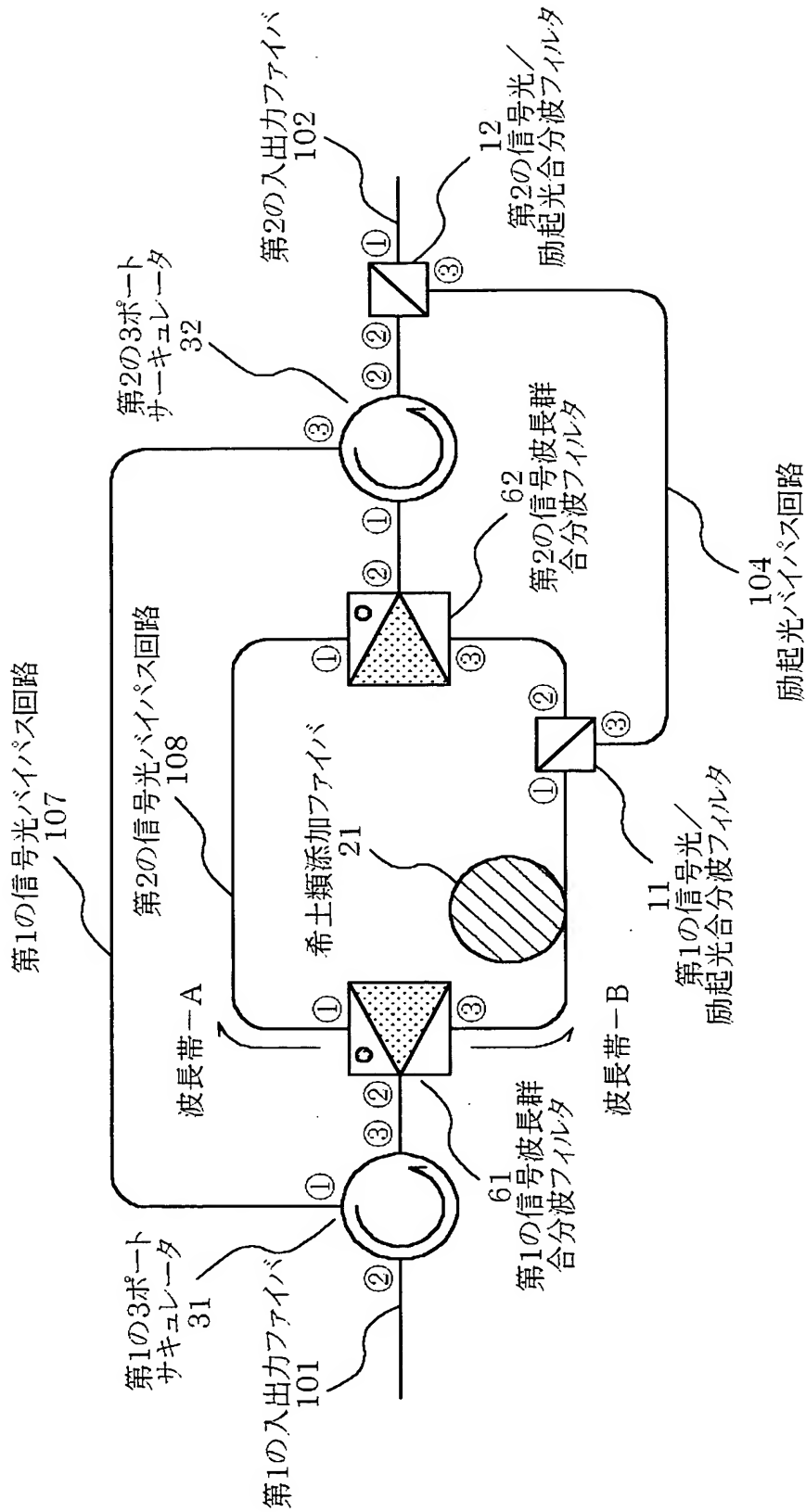
【図 2】



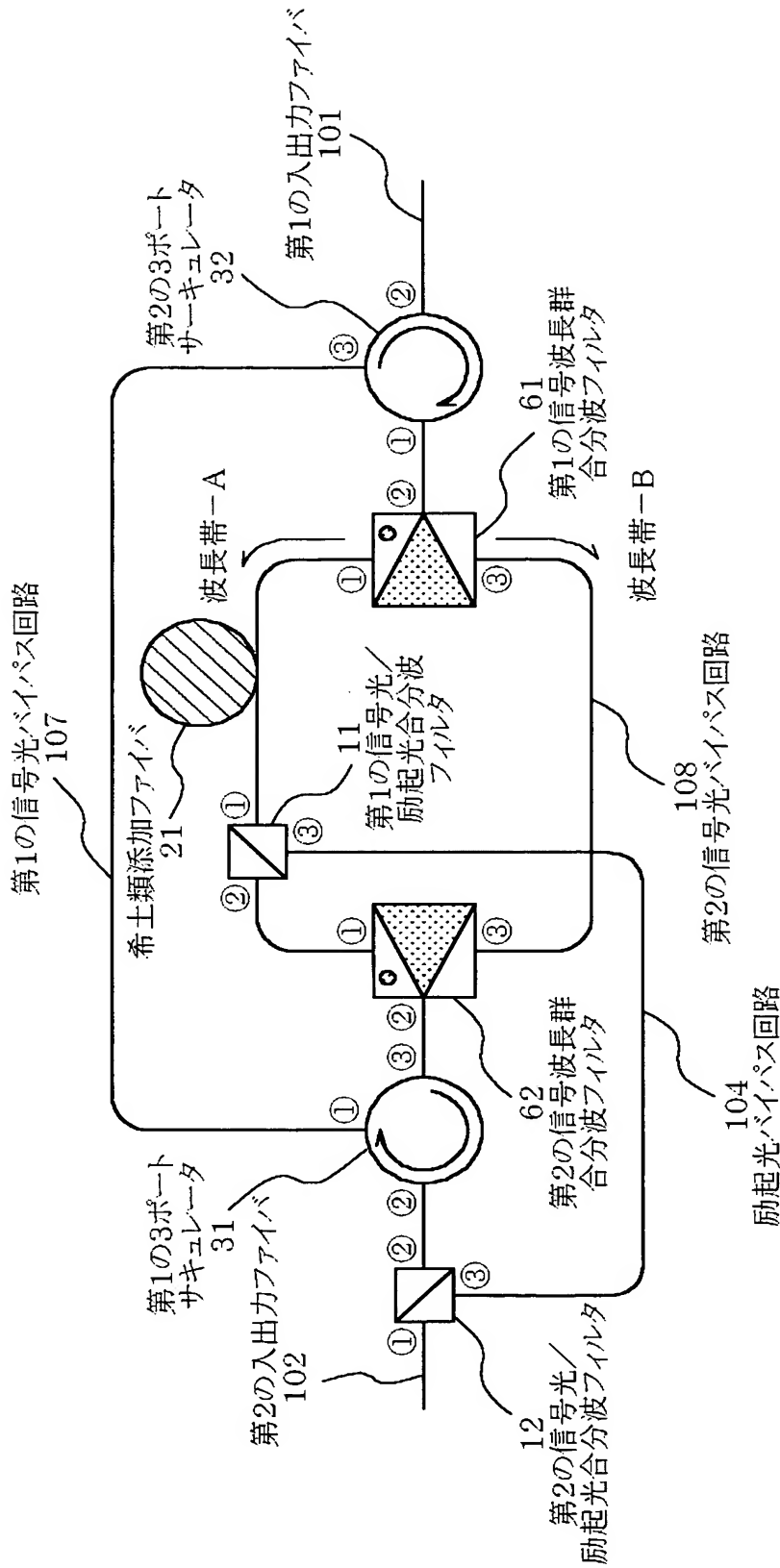
【図 3】



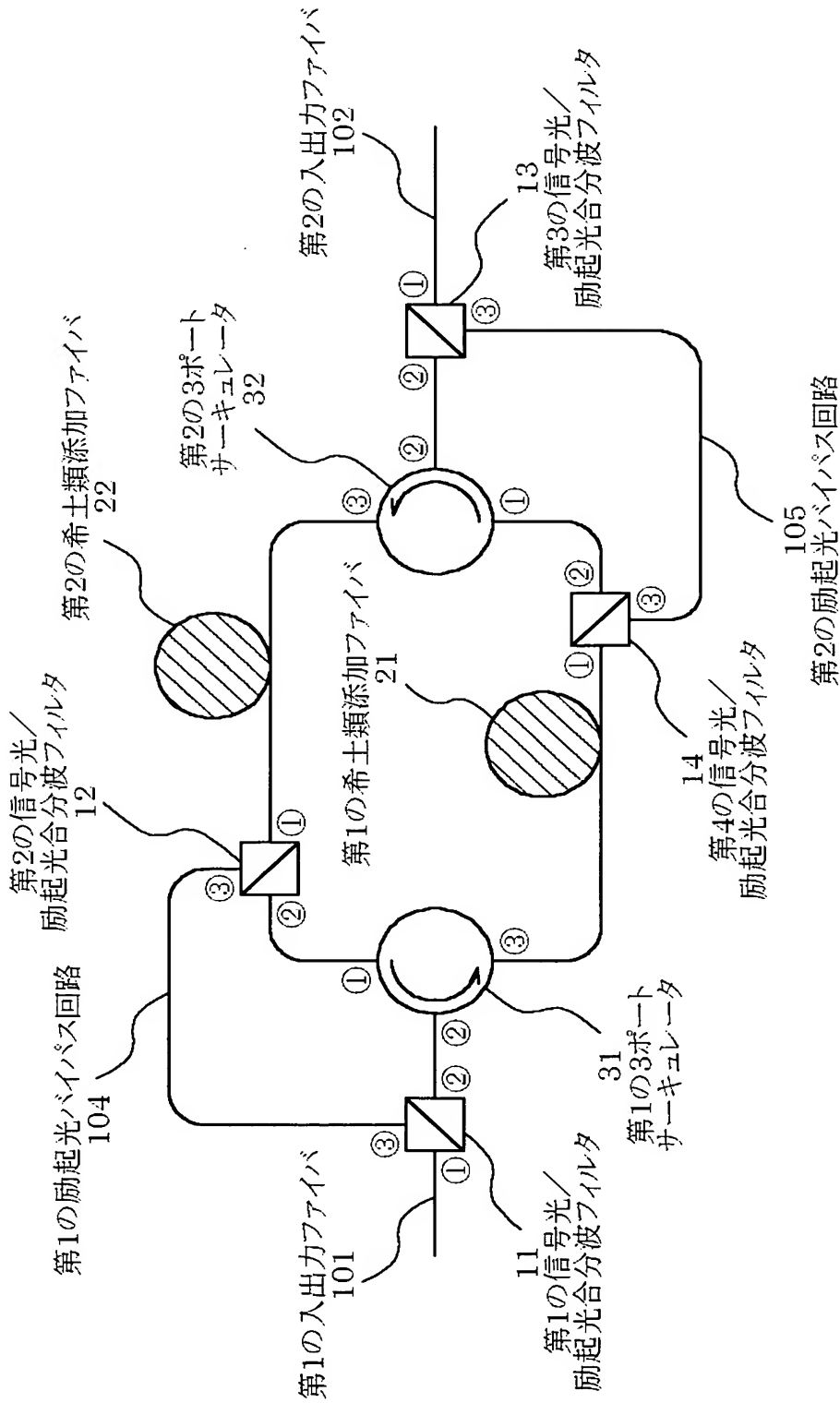
【図 4】



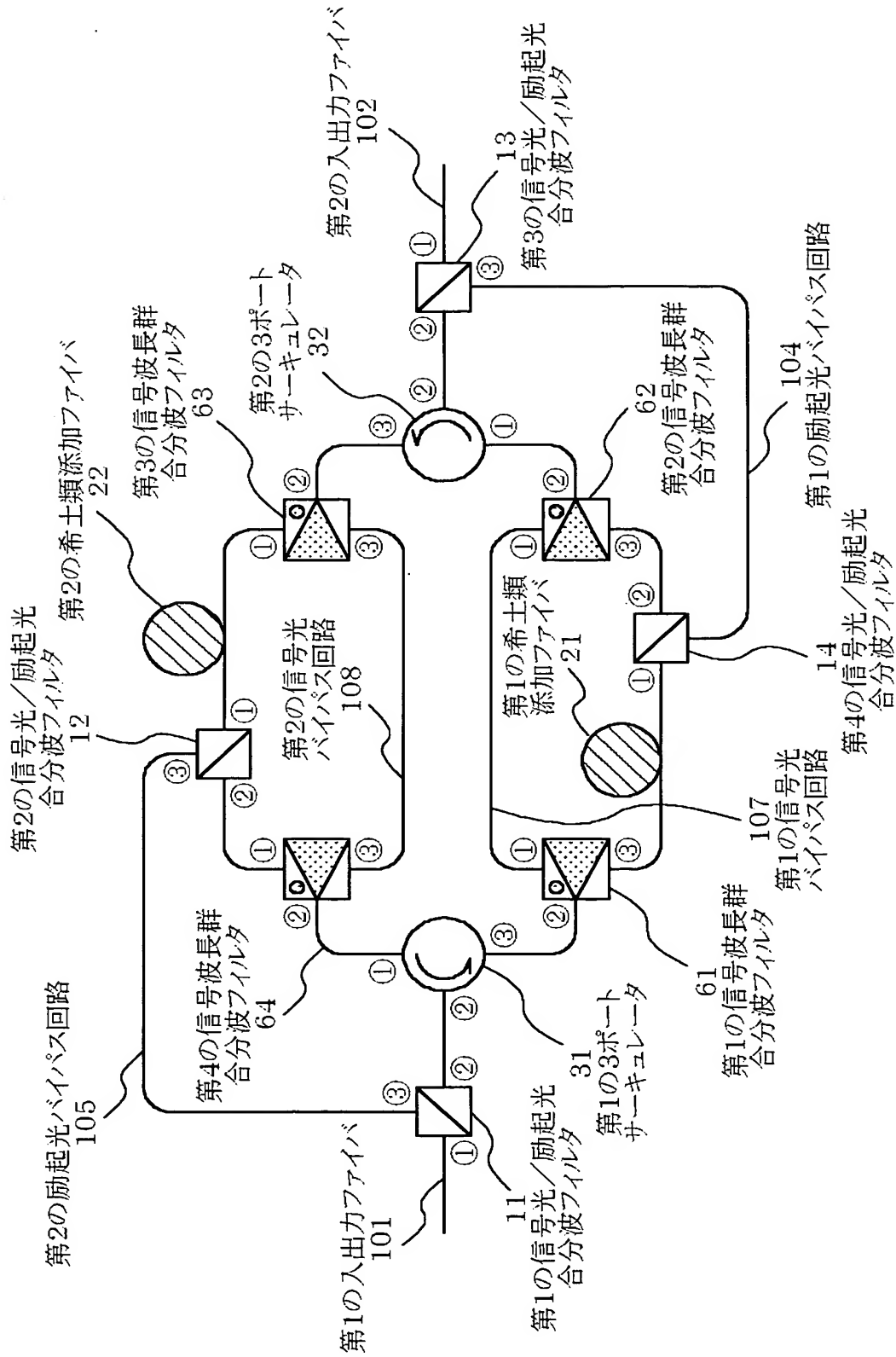
【図 5】



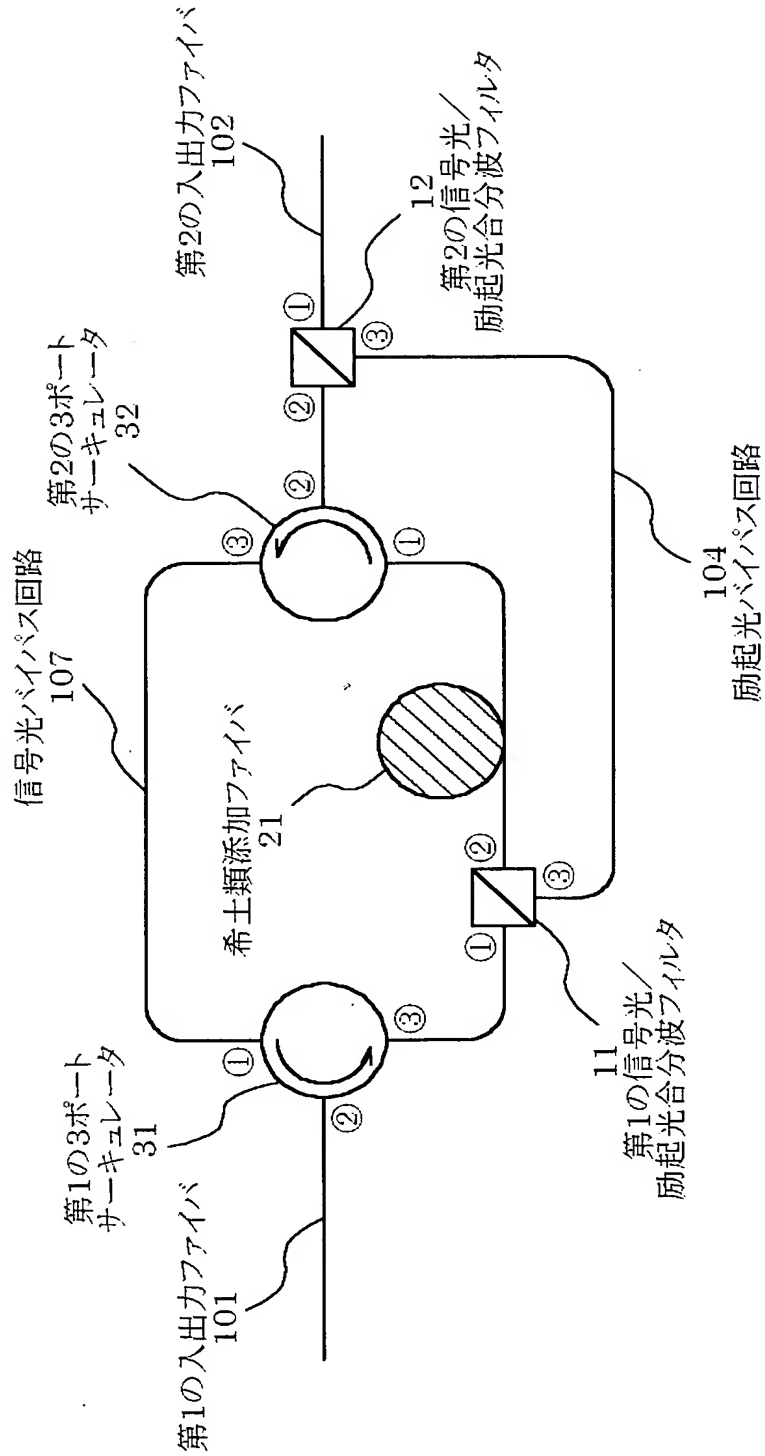
【図 6】



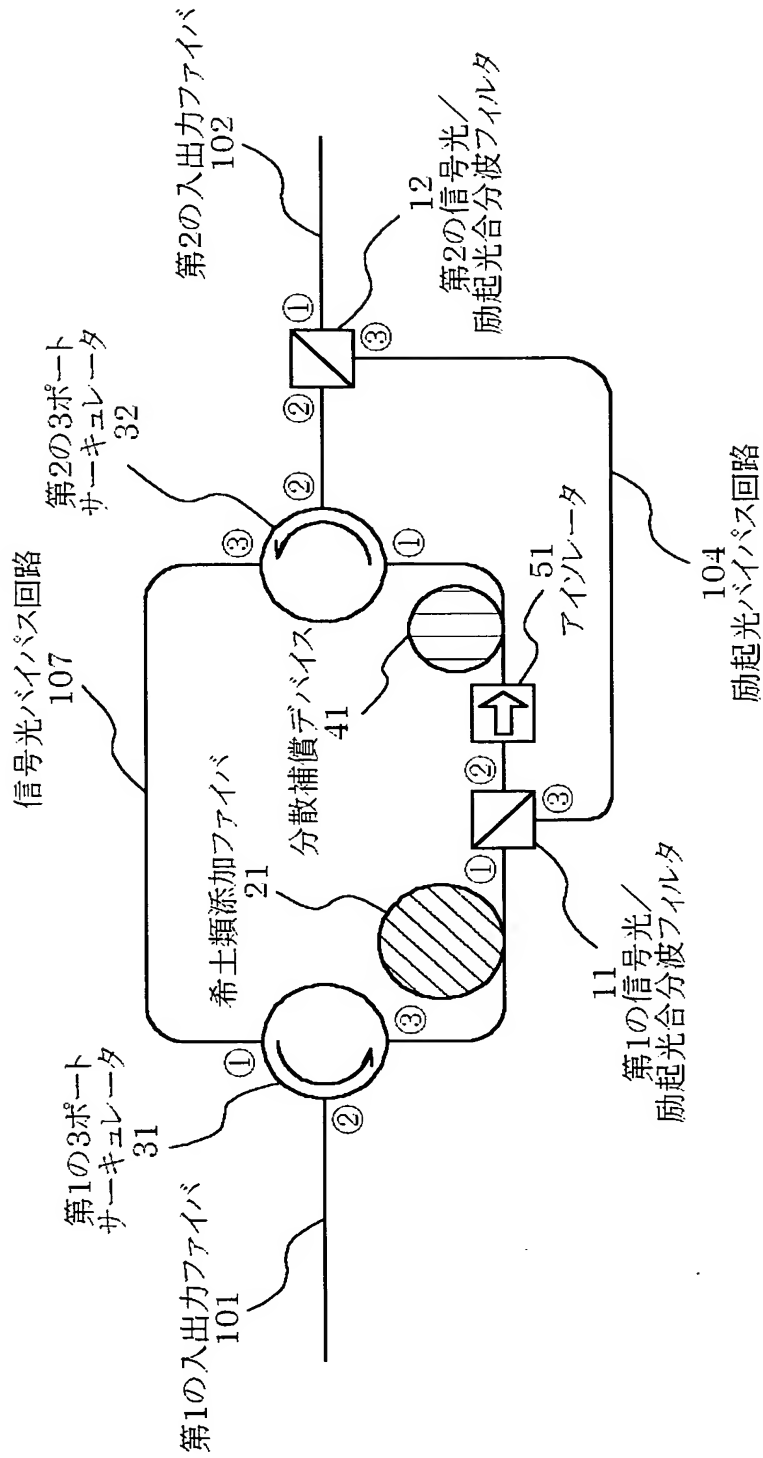
【図 7】



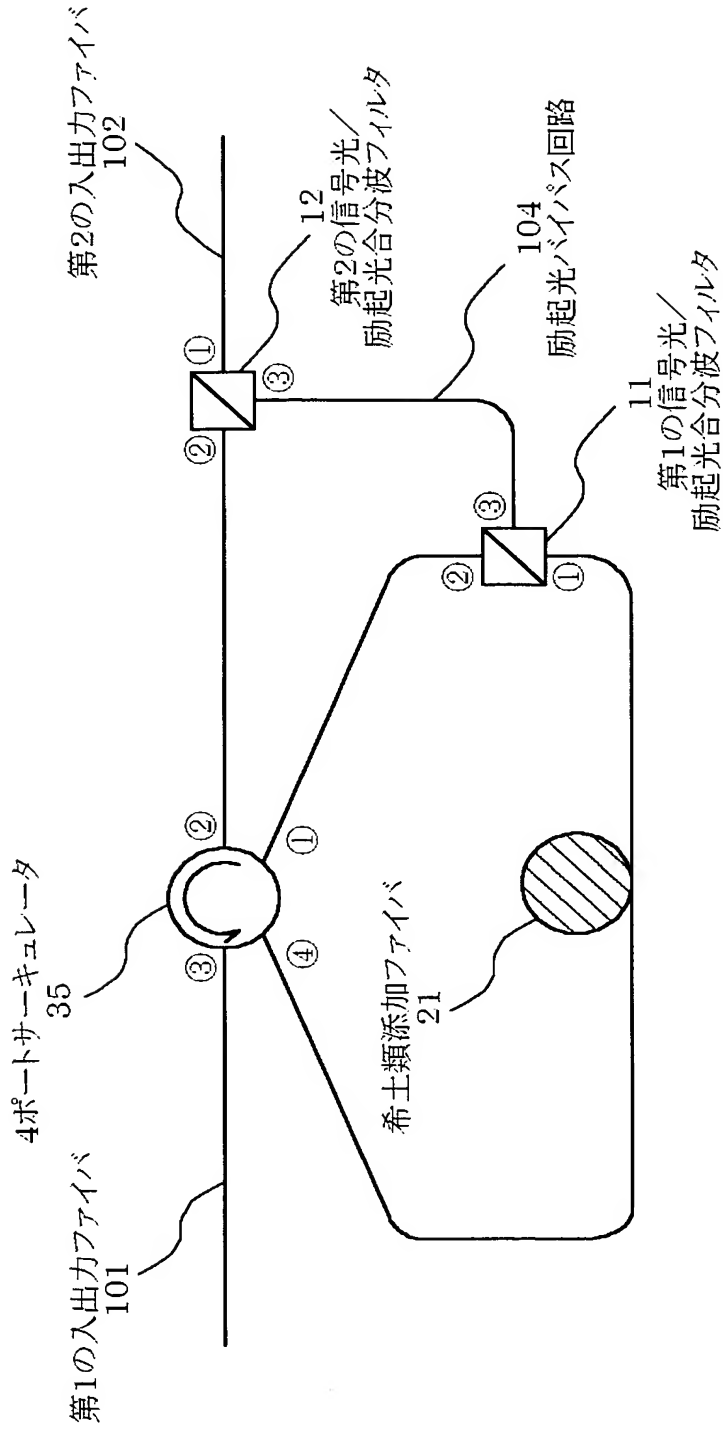
【図 8】



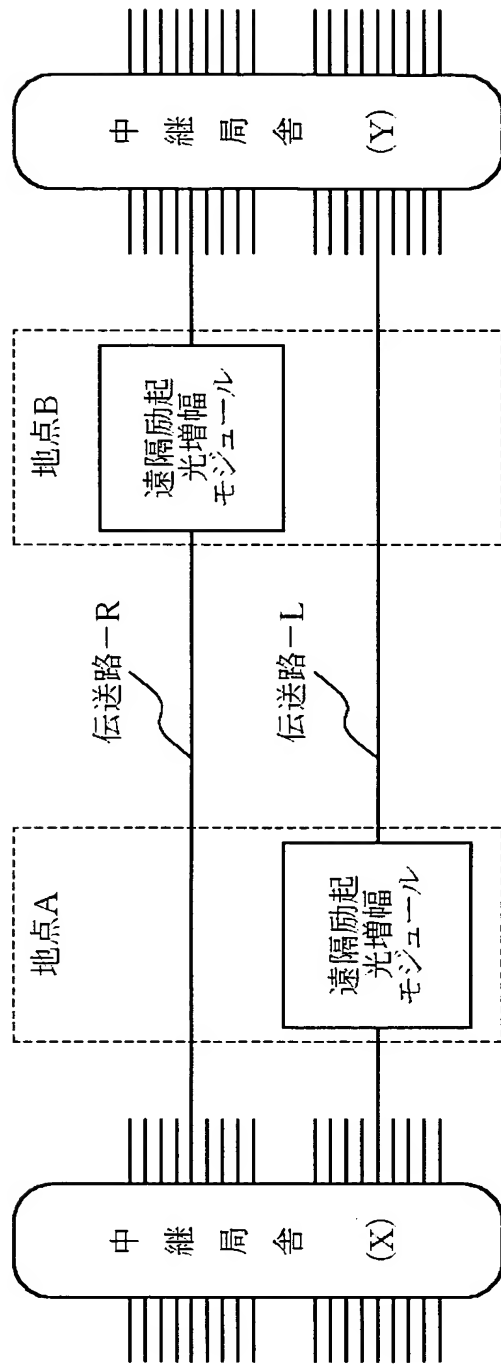
【図 9】



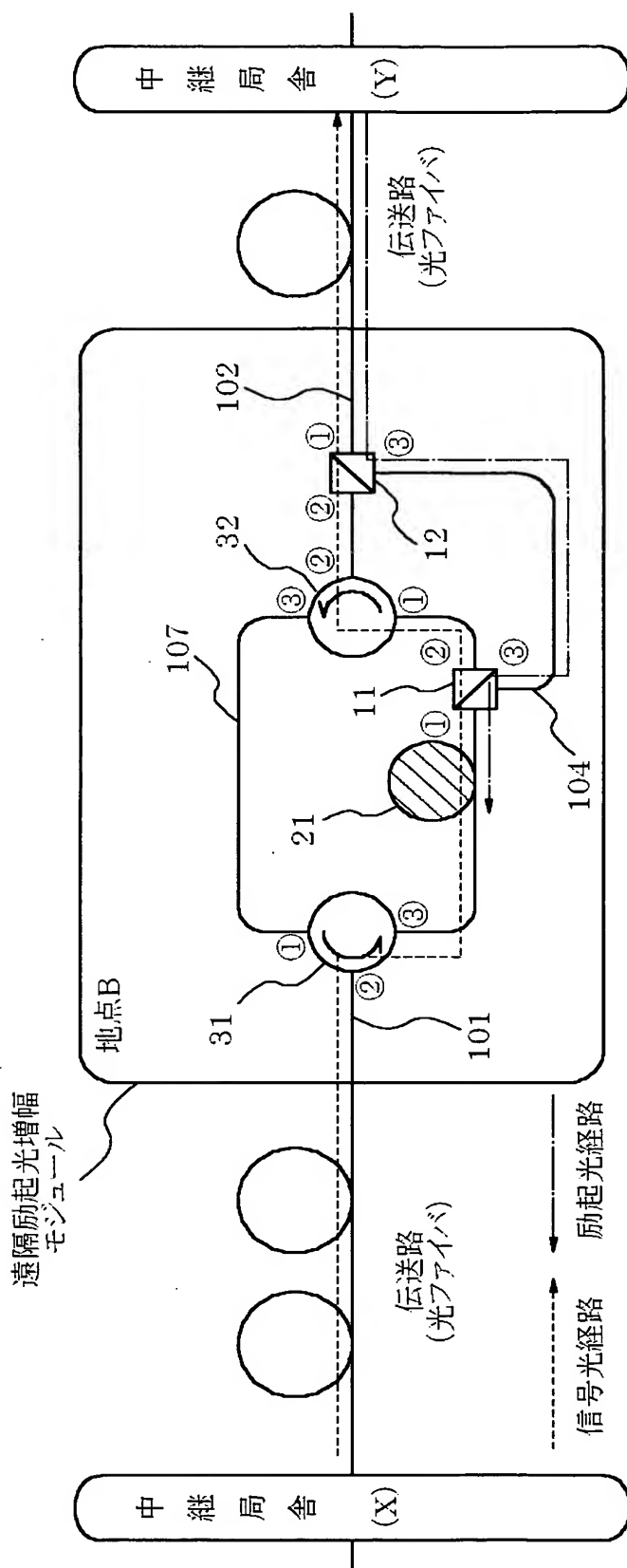
【図 10】



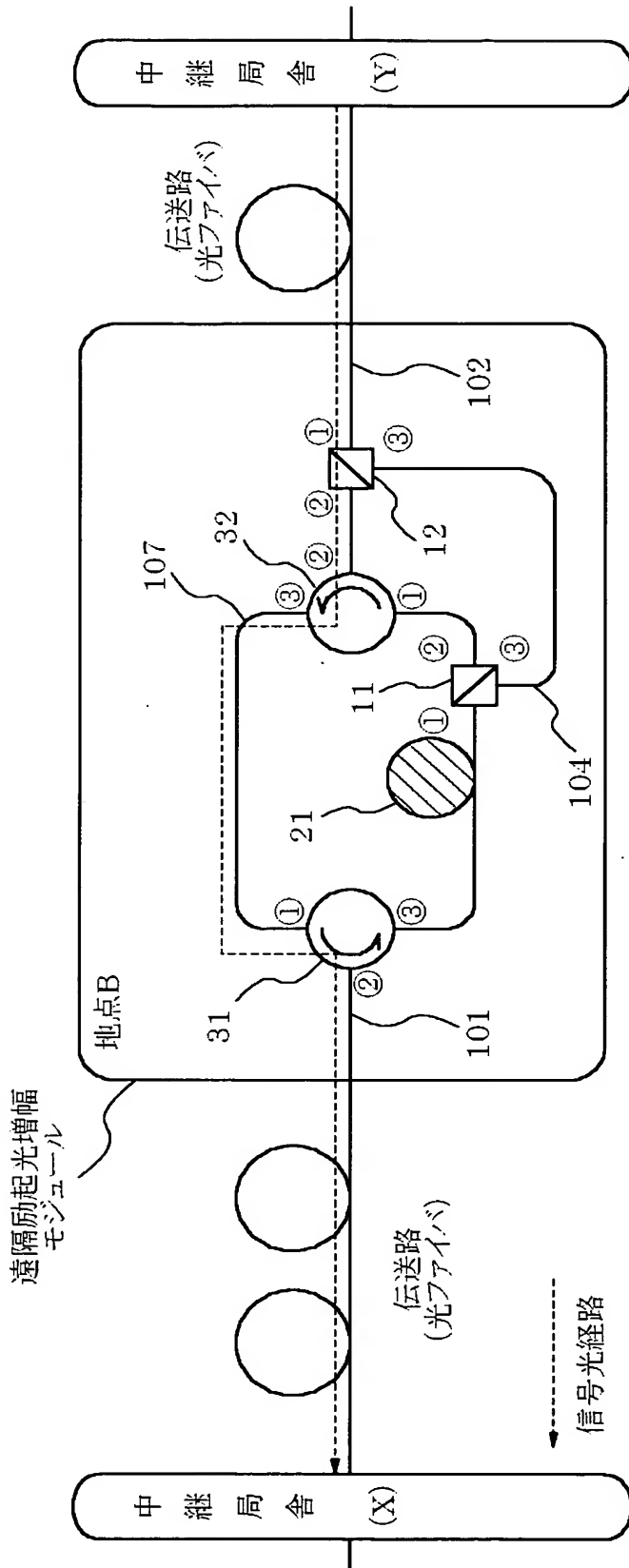
【図 11】



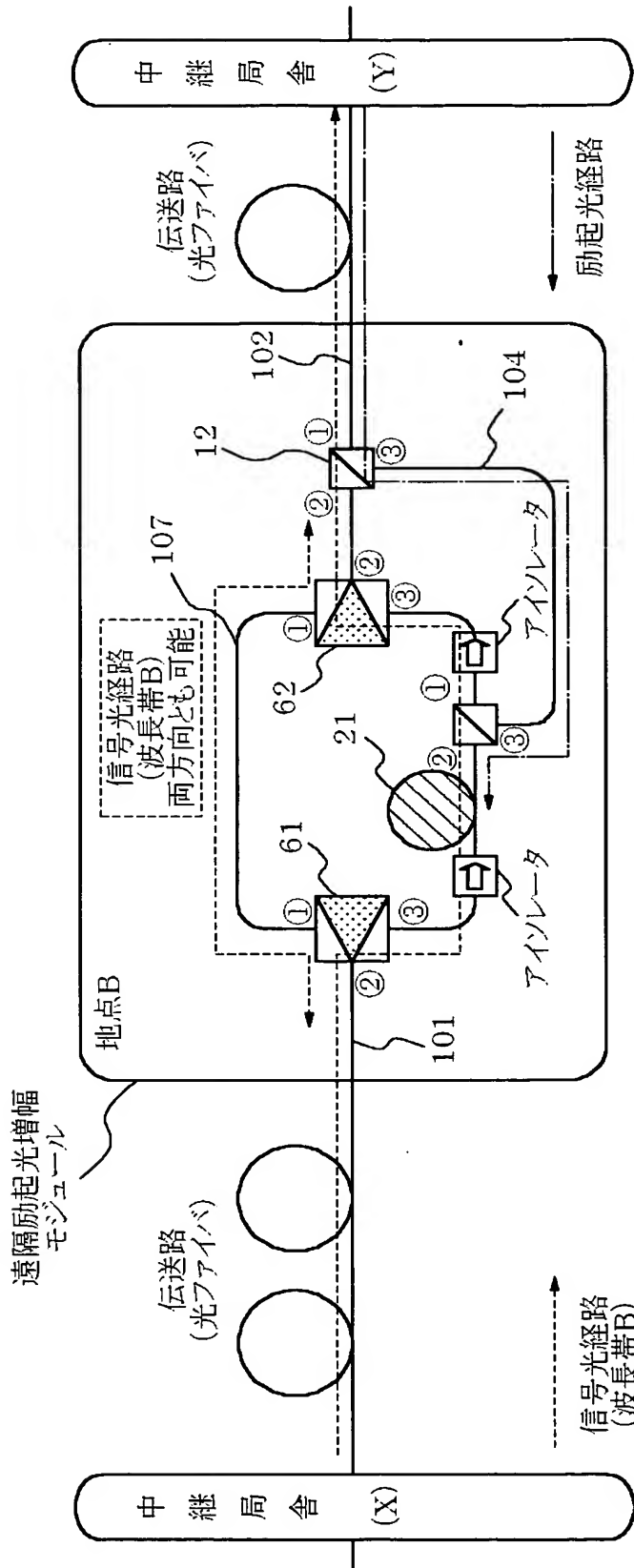
【図 1 2】



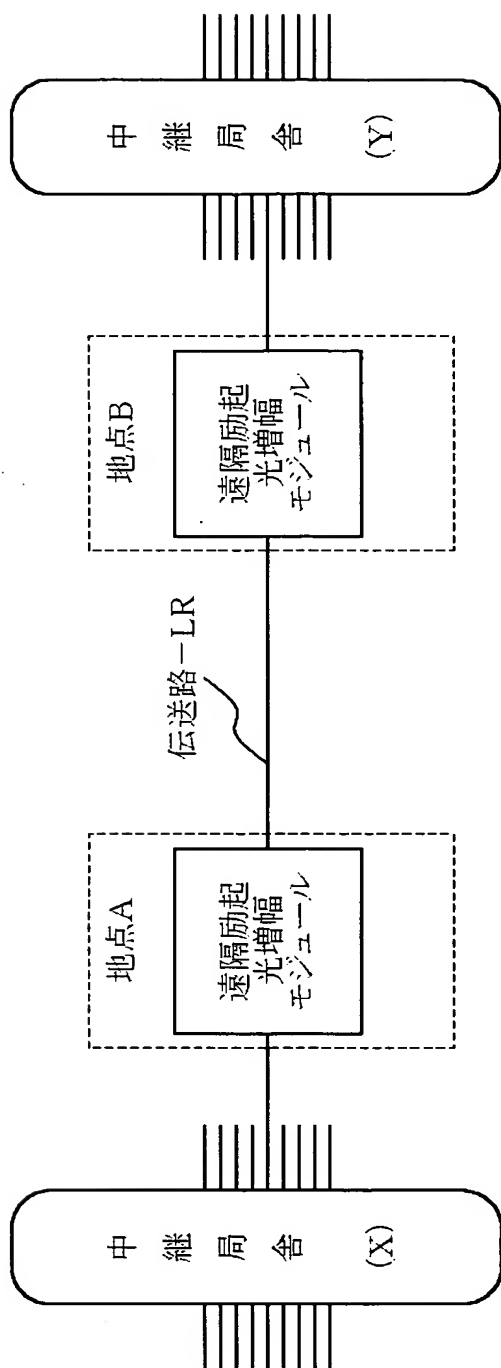
【図 13】



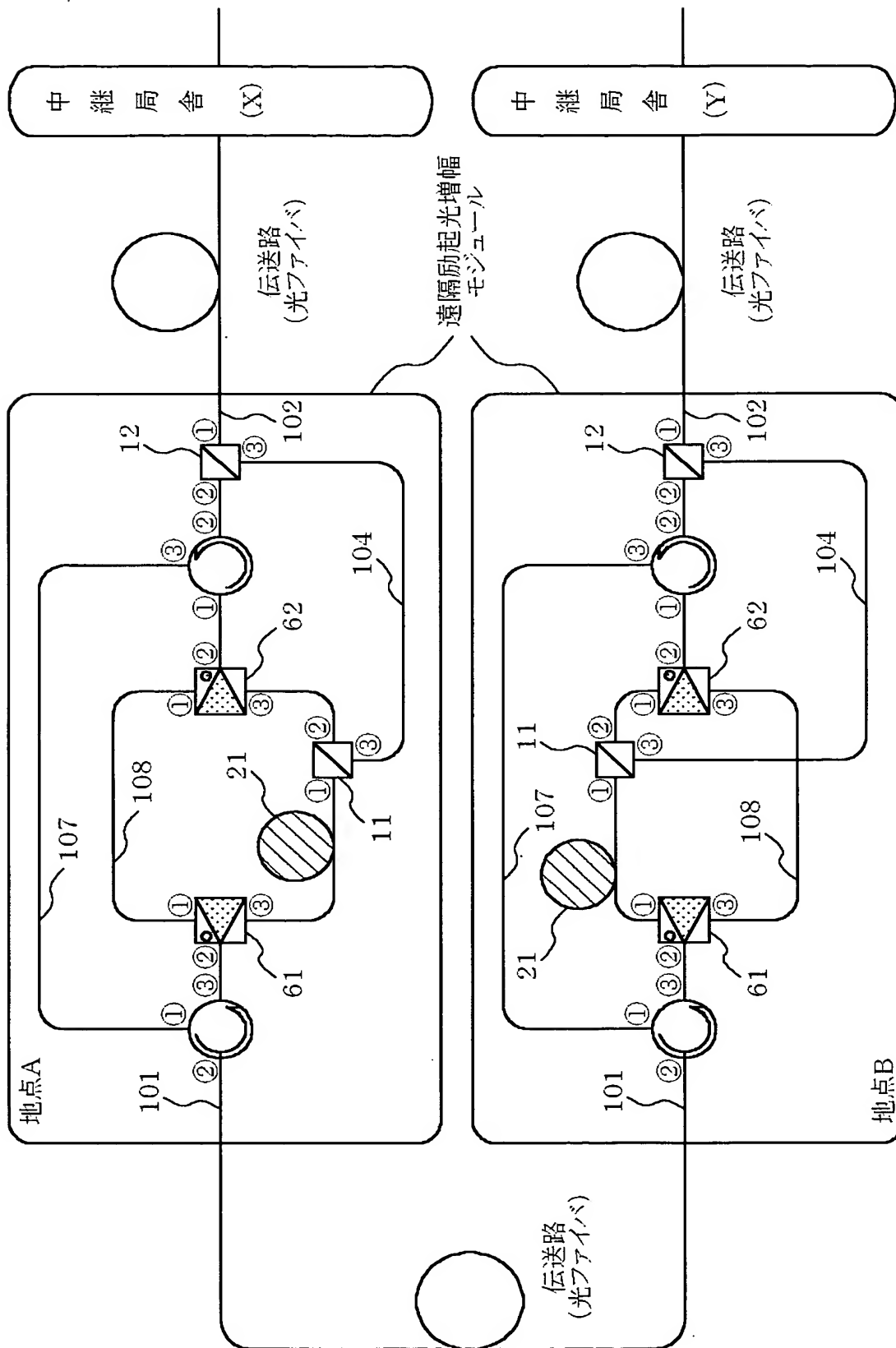
【図 14】



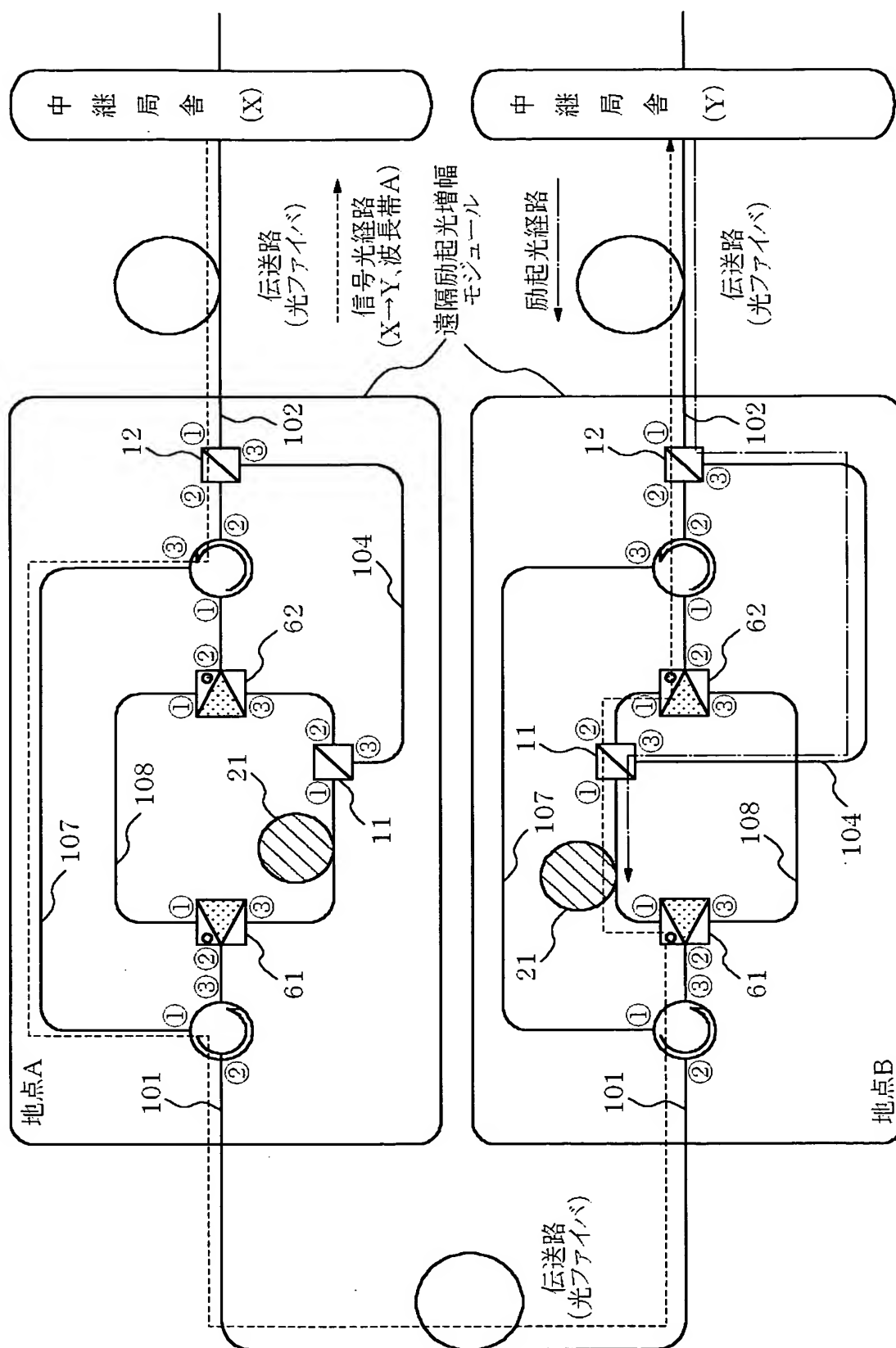
【図 15】



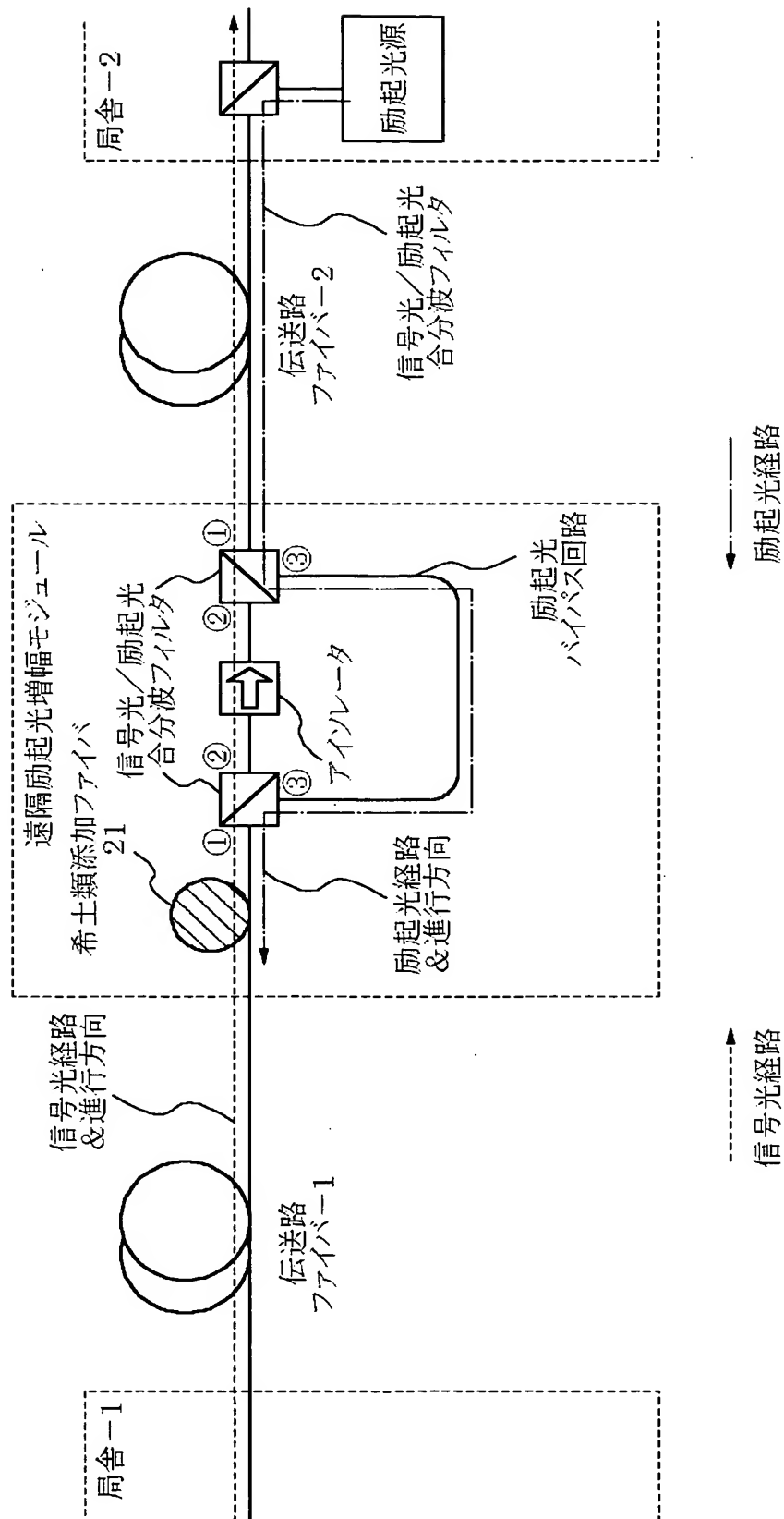
【図 16】



【図 17】



【図 18】





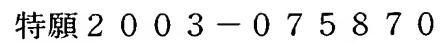
【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 敷設後の用途変更に対応可能な遠隔励起光増幅モジュール、または遠隔励起光増幅技術を用いた光ファイバ通信用伝送路を提供する。

【解決手段】 遠隔励起光増幅が行われる信号光の伝搬方向とは逆方向の信号光に対して、増幅部分を迂回する信号光バイパス回路を設置した構成の遠隔励起光増幅モジュールを使用する。

【選択図】 図 1





特願 2 0 0 3 - 0 7 5 8 7 0

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 4 2 3 7]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 9 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都港区芝五丁目 7 番 1 号

氏 名

日本電気株式会社